

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
(повна назва інституту)

Кафедра електропостачання
(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ В.А. Попов

« ____ » _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

спеціалізації Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології

на тему: « Підвищення рівня енергоефективності житлових багатоквартирних будівель шляхом запровадження концепції «Розумна будівля» »

Виконав: студент II курсу, групи ОН-91мп

_____ Іванченко Руслан Петрович

(прізвище, ім'я по батькові)

_____ (підпис)

Науковий керівник к.т.н., доцент Чернвявський А.В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Консультант нормоконтроль ас. Прокопенко І.Д.

(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____

(підпис)

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут/факультет Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
(повна назва)

Кафедра електропостачання
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Спеціалізація «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В.А. Попов
«__» _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Іванченко Руслан Петрович**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Підвищення рівня енергоефективності житлових багатоквартирних будівель шляхом запровадження концепції «Розумна будівля»»
науковий керівник дисертації к.т.н., доцент Чернвявський Анатолій Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «03» листопада 2020 р. №3198-с

2. Строк подання студентом дисертації 14 грудня 2020 року

3. Об'єкт дослідження Житлові багатоквартирні будівлі України

4. Предмет дослідження Методичні та теоретичні підходи щодо запровадження концепції «Розумна будівля» в житлових багатоквартирних будівлях України з метою підвищення рівня їх енергоефективності

5. Перелік завдань, які потрібно розробити - провести аналіз стану енергоефективності житлових багатоквартирних будівель України в контексті сучасних концепцій розвитку та функціонування, обрати методику визначення базового рівня енергоспоживання та показників енергоефективності житлових багатоквартирних будівель України, розглянути існуючі системи «розумна будівля» доступні на ринку в даний час

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: презентація результатів роботи, таблиці споживання енергетичних ресурсів, зображення обладнання для системи «розумна будівля», зображення графіків прогнозування енергоспоживання

7. Орієнтовний перелік публікацій III науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ «Секція: Енергетичний менеджмент та інжиніринг. Тема: "сучасні системи автоматизації для існуючих житлових багатоквартирних будинків"

8. Консультанти розділів дисертації Нормоконтроль *ас. Прокопенко І.Д.*

9. Дата видачі завдання 1 вересня 2020 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів МД	Примітка
1	Аналіз нормативної бази	10.08.2020–30.08.2020	
2	Методика визначення енергетичної ефективності житлових багатоквартирних будинків	01.09.2020-17.09.2020	
3	Опис об'єкту дослідження та аналіз можливих шляхів підвищення рівня енергоефективності	15.10.2020-29.10.2020	
4	Огляд існуючих систем «розумна будівля»	30.10.2020-09.11.2020	
5	Пропозиції що до підвищення рівня енергоефективності шляхом запровадження системи «розумна будівля»	01.11.2020-10.11.2020	
6.	Розробка стартап проекту	20.11.2020-28.11.2020	
7.	Оформлення дисертації	29.11.2020-07.12.2020	
8.	Оформлення реферату та презентації, проходження перевірки на плагіат та рецензування	30. 10.20-10.12.20	
9.	Передзахист МД	10.12.20-14.12.20	
10.	Захист дисертації	17.12.20-22.12.20	

Студент

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

(ініціали, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Структура та обсяг дисертації. Магістерська дисертація на тему «Підвищення рівня енергоефективності житлових багатоквартирних будівель шляхом запровадження концепції «Розумна будівля»» складається із вступу, чотирьох розділів та висновків. Загальний обсяг роботи складає 100 сторінок основного тексту, в тому числі 21 рисунка, 20 таблиць та 70 бібліографічних найменувань за переліком посилань.

Актуальність теми дослідження.

В дисертаційній роботі розглядається питання підвищення рівня енергоефективності житлових багатоквартирних будинків шляхом запровадження системи «розумна будівля». Дослідження базується на отриманому досвіді у сфері енергозбереження будинку, аналізі та вивченні існуючих систем «розумна будівля». В ході вивчення літературних джерел було однозначно виявлено, що в усіх розвинених країнах а також особливо у ЕС питання енергоефективності в даний час є досить актуальних, якщо не першочерговим, особливо для житлових будинків. Адже паливно-енергетичні ресурси, які є вичерпними, використовуються значною часткою на забезпечення житлових будинків, як приватних так і багатоповерхових. Україна являє собою яскравий приклад тому, де приблизно 40% всіх паливно енергетичних-ресурсів використовується для забезпечення житлових будинків. Саме тому досить важливим, актуальним і перспективним являється підвищення рівня енергоефективності житлових багатоквартирних будинків. Одним з можливих варіантів вирішення цього питання є впровадження системи «розумна будівля». З розглянутих і запропонованих в цій роботі систем та програмних забезпечень можна зрозуміти, що така система, в своїй ідеології може об'єднувати в собі дві важливі складові, а саме, підвищення рівня енергоефективності та забезпечення комфортних умов проживання. Що робить такі системи досить привабливими, особливо в поєднанні з тенденцією, яку в даний час можна спостерігати, а саме, розвиток технологій та

пристроїв для системи «розумна будівля». Це відкриває нові можливості в сфері енергозбереження а також дає великі перспективи до розвитку.

Метою роботи є підвищення рівня енергоефективності житлових багатоквартирних будинків шляхом впровадження системи «розумна будівля».

Для досягнення зазначеної мети в роботі розв'язувались наступні наукові задачі:

- провести аналіз стану енергоефективності житлових багатоквартирних будівель України в контексті сучасних концепцій розвитку та функціонування;
- дослідження характеристик енергоспоживання житлових багатоповерхових будинків для визначення критеріїв використання системи «розумна будівля»;
- запропонувати можливі варіанти, для реалізації в системі «розумна будівля», підвищення рівня енергоефективності;
- розробити стартап-проект за результатами дослідження.

Об'єктом дослідження є житлові багатоквартирні будинки України.

Предметом дослідження є методичні та теоретичні підходи щодо запровадження концепції «розумна будівля» в житлових багатоквартирних будівлях України з метою підвищення рівня їх енергоефективності.

Методи досліджень. Методичну основу проведеного наукового дослідження складають такі методи: теоретичний метод аналізу існуючого стану енергоефективності житлових багатоквартирних будинків, методичні підходи визначення базового рівня енергоспоживання, методи підвищення рівня енергоефективності житлових багатоквартирних будинків, методи визначення показників енергоефективності, розрахунковий метод прогнозування енергоспоживання.

Інформаційну базу дисертаційної роботи склали законодавчі та нормативно-правові акти органів державного управління у сферах енергетики, Закони України, статистичні дані з державної служби статистики України, а також наукові праці та

публікації закордонних та вітчизняних вчених. Також в ході роботи над дисертацією використовувалося програмне забезпечення EViews, MS Excel.

Наукова новизна одержаних результатів. Одержані результати дають можливість подальшого дослідження та розвитку в запровадженні прогнозування енергоспоживання в системі «розумна будівля» за для підвищення рівня енергоефективності житлових багатоквартирних будинків.

Практичне значення отриманих результатів роботи полягає у підвищенні рівня енергоефективності житлових багатоквартирних будинків шляхом запровадження концепції «розумна будівля».

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на XII науково-технічній конференції 7-8 травня 2020 року, м. Київ.

Публікації. Матеріали роботи , а також результати досліджень що наведені в цій дисертаційній роботі були представлені на III-й науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ Секція: «Енергетичний менеджмент та інжиніринг». Тема: «сучасні системи автоматизації для існуючих житлових багатоквартирних будинків».

Ключові слова: енергоефективність, рівень енергоефективності, житловий багатоповерховий будинок, енергозбереження, система «розумний будинок», прогнозування, енергозбереження.

ABSTRACT

The structure and scope of the dissertation. The master's dissertation on "Improving the energy efficiency of residential apartment buildings by implementing the concept of" Smart Building "" consists of an introduction, four sections and conclusions. The total volume of the work is 100 pages of the main text, including 21 figures, 20 tables and 70 bibliographic titles according to the list of references.

Relevance of the research topic.

The dissertation considers the issue of increasing the energy efficiency of residential apartment buildings by introducing a system of "smart building". The research is based on the experience gained in the field of energy saving of the house, analysis and study of existing "smart building" systems. In the course of studying the literature, it was unequivocally found that in all developed countries, as well as especially in the EU, energy efficiency issues are now quite relevant, if not a priority, especially for residential buildings. After all, fuel and energy resources, which are exhaustible, are used to a large extent to provide residential buildings, both private and multi-storey. Ukraine is a clear example of where about 40% of all fuel and energy resources are used to provide housing. That is why it is very important, relevant and promising to increase the energy efficiency of residential apartment buildings. One possible solution to this issue is the introduction of a "smart building" system. From the systems and software considered and proposed in this paper, it is possible to understand that such a system, in its ideology, can combine two important components, namely, increasing energy efficiency and providing comfortable living conditions. What makes such systems quite attractive, especially in combination with the trend that can now be observed, namely, the development of technologies and devices for the system "smart building". This opens new opportunities in the field of energy saving and also gives great prospects for development.

The aim of the work is to increase the level of energy efficiency of residential apartment buildings by introducing a "smart building" system.

To achieve this **goal**, the following scientific problems were solved:

- to analyze the state of energy efficiency of residential apartment buildings in Ukraine in the context of contemporary concepts of development and operation;
- study of energy consumption characteristics of residential multi-storey buildings to determine the criteria for using the system "smart building";
- to offer possible options for implementation in the system of "smart building", increasing the level of energy efficiency;
- to develop a startup project based on the results of the research.

The object of research is residential apartment buildings in Ukraine.

The subject of the research is methodical and theoretical approaches to the introduction of the concept of "smart building" in residential apartment buildings in Ukraine in order to increase their energy efficiency.

Research methods. The methodological basis of the research is the following methods: theoretical method of analysis of the current state of energy efficiency of residential apartment buildings, methodological approaches to determine the basic level of energy consumption, methods of improving energy efficiency of residential apartment buildings, methods of determining energy efficiency, calculation method of energy consumption forecasting.

The information base of the dissertation was made up of legislative and normative-legal acts of public administration bodies in the spheres of energy, Laws of Ukraine, statistical data from the State Statistics Service of Ukraine, as well as scientific works and publications of foreign and domestic scientists. Also in the course of work on the dissertation the software EViews, MS Excel was used.

Scientific novelty of the obtained results. The obtained results provide an opportunity for further research and development in the introduction of energy consumption forecasting in the system of "smart building" to increase the energy efficiency of residential apartment buildings.

The practical significance of the results obtained is to increase the energy efficiency of residential apartment buildings by introducing the concept of "smart building".

Approbation of dissertation results. The main provisions of the dissertation were reported and discussed at the XII scientific and technical conference on May 7-8, 2020, Kyiv.

Publications. Materials, as well as the results of research presented in this dissertation were presented at the III scientific and technical conference of undergraduates IEE Section: "Energy Management and Engineering". Topic: "modern automation systems for existing residential apartment buildings."

Keywords: energy efficiency, energy efficiency level, multi-storey residential building, energy saving, smart home system, forecasting, energy saving.

ЗМІСТ

ВСТУП	12
1 ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ЖИТЛОВИХ БАГАТОКВАРТИРНИХ БУДІВЕЛЬ В КОНТЕКСТІ СУЧАСНИХ КОНЦЕПЦІЙ РОЗВИТКУ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ	14
1.1. Питання енергоефективності житлових багатоквартирних будівель в контексті існуючих нормативно-правових актів та сучасних нормотворчих ініціатив.....	14
1.2. Аналіз стану енергоефективності існуючих житлових багатоквартирних будівель.....	22
1.3. Огляд сучасних шляхів та методів підвищення рівня енергоефективності житлових багатоквартирних будівель	27
Висновки до першого розділу	32
2 ВИЗНАЧЕННЯ БАЗОВОГО РІВНЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ТА ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВИХ БАГАТОКВАРТИРНИХ БУДІВЕЛЬ	34
2.1 Методичні підходи визначення базового рівня енергоспоживання житлових багатоквартирних будівель	34
2.2 Визначення показників енергоефективності житлових багатоквартирних будівель.....	38
2.3 Аналіз існуючих типів житлових багатоквартирних будівель з позиції рівня їх енергоефективності.....	44
Висновки до другого розділу	48
3 ЗАПРОВАДЖЕННЯ КОНЦЕПЦІЇ «РОЗУМНА БУДІВЛЯ» ДЛЯ ЖИТЛОВИХ БАГАТОКВАРТИРНИХ БУДИНКІВ	50
3.1. Можливі сценарії запровадження концепції «розумна будівля» для житлових багатоквартирних будинків	50
3.2 Огляд систем та технологій «розумна будівля» для житлових багатоквартирних будинків	59
3.3 Прогнозування енергоспоживання житлової будівлі за допомогою моделі ARIMA в програмному забезпеченні EViews 3.1.....	77
3.4 Модель прогноуючого керування з урахуванням погодних умов як складова системи «розумна будівля»	83
Висновки до третього розділу	90
4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ	91
4.1 Опис ідеї проекту	91

4.2 Технологічний аудит	94
4.3 Аналіз ринкових можливостей	95
4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту	99
4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	100
Висновки до четвертого розділу	101
ВИСНОВКИ	103
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	105

ВСТУП

За останні роки для України питання підвищення ефективності, енерговикористання, реалізації політики енергоспоживання, створення й удосконалення енергоринку та підвищення ефективності функціонування енергетики в цілому набули особливої актуальності і безпосередньо пов'язані з енергобезпекою країни.

Саме тому енергозбереження на державному рівні визнано одним із пріоритетів економічної політики держави. В умовах залежності економіки України від імпорту паливно-енергетичних ресурсів і тенденції зростання цін на енергоносії їх ефективне використання стало нагальною потребою.

Із середини 70-х років минулого століття у світі активно впроваджуються заходи з енергозбереження, а в Україні, наразі, споживання енергоресурсів у 3-4 рази вище ніж у Європі, зокрема:

нормативні максимальні теплові витрати в Європі біля $45 \text{ кВт*год}/(\text{м}^2\cdot\text{рік})$, в Україні – $57 \text{ кВт*год}/(\text{м}^2\cdot\text{рік})$;

нормативне споживання теплової енергії в Європі $20\text{-}55 \text{ кВт*год}/(\text{м}^2\cdot\text{рік})$, в Україні – $180\text{-}310 \text{ кВт*год}/(\text{м}^2\cdot\text{рік})$.

Середнє питоме споживання теплової енергії будівель в Україні в 2 рази вище ніж у країнах Європейського Союзу та становить близько $175 \text{ кВт*год}/(\text{м}^2\cdot\text{рік})$, аналогічний показник країн Європейського Союзу є на рівні $86 \text{ кВт*год}/(\text{м}^2\cdot\text{рік})$.

Проблема неефективного використання енергоресурсів присутня в усіх секторах економіки України, також у бюджетній сфері та у житлово-комунальному господарстві. Довгий термін експлуатації призвів до зношеності котельного та технологічного обладнання, що використовується для теплопостачання. Це, в свою чергу, призвело до надмірних витрат паливно-енергетичних ресурсів, понад нормованих втрат енергії, а отже – до підвищення тарифів та збільшення витрат населення на закупівлю комунальних послуг. Як наслідок, перевитрати паливно-енергетичних ресурсів призвели до збільшення бюджетних видатків та значного підвищення вартості житлово-комунальних послуг.

Особливо гострою є проблема енергозбереження для житлових будинків. З одного боку, це обумовлено соціальним значенням цих об'єктів, з іншого боку, наявністю морально застарілого, низькоефективного обладнання та відсутності реалізації енергозберігаючих заходів, що в свою чергу є одними з основних причин дефіциту коштів у бюджетах усіх рівнів.

Відсутність системного аналізу контролю за режимами електро-, тепло- та водоспоживання об'єктів не дає змогу точніше прорахувати ефект від впровадження енергозберігаючих заходів.

Несистемна робота місцевих органів влади в напрямку підвищення енергоефективності будівель призвела до того, що дана категорія споживачів використовує для своїх потреб стабільно високі обсяги теплової енергії (більше 30 % якої втрачається), не створюючи при цьому належних умов для мешканців.

Основною складовою низької енергетичної ефективності інженерних мереж і систем є високий рівень питомих витрат теплової енергії, гарячої та холодної води у споживачів комунальних послуг, які проживають в багатоквартирних житлових будинках. Фізична та моральна зношеність конструкцій та внутрішніх систем житлових будівель стала головною причиною зниження якості комунальних послуг, погіршення комфортності, надійності і безпечності умов проживання споживачів.

З огляду на таку ситуацію окрім пропозицій щодо сучасних шляхів та методів підвищення рівня енергоефективності житлових багатоквартирних будівель, стає доцільним питання про запровадження системи «розумна будівля» разом або після модернізації існуючих інженерних систем. Що дасть змогу значного підвищення рівня енергоефективності та дасть можливість подальшого розвитку та модернізації.

1 ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ЖИТЛОВИХ БАГАТОКВАРТИРНИХ БУДІВЕЛЬ В КОНТЕКСТІ СУЧАСНИХ КОНЦЕПЦІЙ РОЗВИТКУ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ

1.1. Питання енергоефективності житлових багатоквартирних будівель в контексті існуючих нормативно-правових актів та сучасних нормотворчих ініціатив

Україна, яка споживає у загальному балансі більше 60–70 % імпортованих енергоресурсів, є однією з енергозалежних країн Європи [1]. І цьому сприяє не тільки їх відсутність, а й неефективне використання, що загрожує національним інтересам та національній безпеці країни. Тому вирішення питань енергозбереження та енергоефективності є одним з першочергових в умовах енергетичної кризи в країні.

В Україні, як і в більшості європейських країн, понад 30 % кінцевої енергії споживається будинками [1]. Це найбільший сектор національної економіки з точки зору енергоспоживання, за яким ідуть промисловість і транспорт. Якщо в індустріальному секторі споживання енергії з часом зменшується (підприємства хоч і поступово, але впроваджують енергоефективні технології), то в житловому нічого не змінюється. Причина такої стагнації – наявність бар'єрів, які перешкоджають власникам житла впроваджувати енергоефективні технології у своїх будинках.

Енергоефективність означає раціональне використання енергетичних ресурсів, досягнення економічно доцільної ефективності використання існуючих паливно-енергетичних ресурсів при дійсному рівні розвитку техніки та технології та дотриманні вимог до навколишнього середовища.

Для населення – це значне скорочення комунальних витрат, для країни – економія ресурсів, підвищення продуктивності промисловості і конкурентоспроможності, для екології – обмеження викидів парникових газів в атмосферу, для енергетичних компаній – зниження витрат на паливо і необґрунтованих витрат на будівництво.

Через незабезпеченість енергоефективності будівель втрати тепла становлять 47 %, 12 % тепла втрачається через зношеність мереж, 5 % – через застаріле обладнання котелень [1]. На думку експертів Європейсько-українського енергетичного агентства, за допомогою тепломодернізації та капітального ремонту в будинках можна зменшити щорічне споживання і втрати енергії на 10–25 %. При цьому в цілому по Україні потенціал зменшення енергоспоживання становить 75 % [2].

Кожний уряд незалежної України одним з головних пріоритетів у своїй діяльності визначав необхідність розв'язання проблем підвищення енергоефективності житлово-комунального господарства. У своїх програмах дій вони намічали шляхи розв'язання цих проблем, розробляли відповідні державні програми, визначали комплекс заходів, які сприяли їх реалізації.

Але в Україні і досі не закріплені на законодавчому рівні стандарти енергоефективності в багатоквартирному житловому фонді, не запроваджені стимули і санкції, які обумовлюють перехід до ресурсоощадної енергетичної політики, не прописані ролі держави, енергетиків та споживачів послуг.

У нашій країні традиційно виходить так, що всі загальнодержавні проблеми вирішуються, у першу чергу, за рахунок населення, а реформи, які проводяться, досить часто стають для українців непосильним тягарем. Особливо така тенденція добре проглядається у реформуванні житлово-комунального господарства.

Українцям дедалі частіше доводиться самотужки вирішувати житлово-комунальні проблеми. Найбільше розвивається індивідуальна «творчість» населення в підвищенні енергоефективності житла. Парадоксальність ситуації полягає в тому, що населення, вкладаючи величезні кошти в хаотичну термомодернізацію своїх квартир, абсолютно не впливає на зниження енергоспоживання, а в більшості випадків, навпаки, його множить. Цей процес ніким не контролюється, навпаки, органи місцевого самоврядування всіляко заохочують подібну діяльність, оскільки не треба піклуватися про розвиток комунальної теплоенергетики, що набагато простіше.

Досвід багатьох країн показує, що лише комплексна термомодернізація існуючого житлового фонду здатна кардинально вплинути на скорочення споживання енергоресурсів. Комплексна ж модернізація будівлі, за підрахунками фахівців, може в остаточному підсумку забезпечити економію енергоресурсів близько 50 % [2]. Міжнародне енергетичне агентство (МЕА) стверджує, що кожен долар, інвестований в енергоефективність, обернеться 4 дол. економії, причому такий проект повністю окупиться приблизно за чотири роки. А зважаючи на те, що, Україна щорічно споживає близько 92 млн тон нафтового еквіваленту енергії та має одну з найбільш енергоємних економік в світі (рис. 1.1), це дає можливість для активної діяльності в цій сфері.



Рисунок 1.1 - Енергоємність економік вибраних країн , кг нафтового еквіваленту/\$ ВВП по паритету купівельної спроможності в цінах [1]

Щоб змінити ситуацію, Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства спільно з експертним середовищем підготували чотири законопроекти в рамках стратегії підвищення енергоефективності в державі.

Норми, що врегульовують питання термомодернізації будівлі, встановлення засобів обліку та регулювання споживання енергетичних ресурсів, модернізації систем опалення, постачання гарячої води, вентиляції, кондиціонування та освітлення, використання місцевих відновлюваних, альтернативних джерел енергії та здійснення інших заходів з енергоефективності, передбачено проектом закону «Про енергетичну ефективність будівель» (реєстр. № 1566)[3].

Згідно з законопроектом обов'язковою для будівництва нових будівель, а також капітального ремонту, реконструкції будівель є наявність паспорта

енергетичної ефективності будівлі. Для існуючих будівель законопроектом передбачається сертифікація енергетичної ефективності з метою визначення фактичних показників енергетичних характеристик, проведення оцінки відповідності зазначених показників установленим мінімальним вимогам до енергетичної ефективності будівель, розроблення рекомендацій щодо підвищення рівня енергетичної ефективності будівлі, які враховують місцеві кліматичні умови та є технічно і економічно обґрунтованими.

Прийняття законопроекту, на думку розробників, дасть можливість комплексно врегулювати суспільні відносини, які виникають у сфері забезпечення енергетичної ефективності будівель, відповідно до вимог Директиви про енергетичну ефективність будівель №2010/31/ЄС, зокрема, у сфері встановлення мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель, забезпечення їх дотримання, проведення паспортизації енергетичної ефективності будівель, фінансування здійснення енергоефективних заходів у будівлях (у грудні 2010 р. Верховна Рада України ратифікувала Договір Європейського енергетичного співтовариства (ЕСТ), згідно з яким Україна стала учасником Договору та взяла на себе зобов'язання щодо виконання Директив ЕСТ з питань енергетики, енергозбереження та відновлювальних енергоресурсів).

Крім того, уряд України розробив додаткові законопроекти, які мають на меті забезпечити реальне впровадження робочого механізму стратегії енергозбереження в державі. Мова йде про законопроекти «Про особливості здійснення закупівель енергосервісу», «Про енергозбереження», «Про впровадження енергоефективних заходів в бюджетних установах».

Проектом закону «Про особливості здійснення закупівель енергосервісу» передбачається створення правових засад закупівлі енергосервісних послуг та залучення інвестицій для проведення заходів з модернізації об'єктів соціальної інфраструктури, що дасть можливість створити умови для скорочення споживання енергетичних ресурсів (ЕСКО-механізм).

Крім того, Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України (Держенергоефективності) за участі членів Національної ради з питань

ОСББ при КМУ розробило проект Постанови КМУ «Про затвердження Порядку використання коштів, передбачених у державному бюджеті для державної підтримки заходів з енергозбереження через механізм здешевлення кредитів». Будь-яке об'єднання співвласників багатоквартирних будинків (ОСББ) може звернутися за кредитом до одного з банків, який уклав договір про співпрацю з Держенергоефективності. Банк надає кошти, проводяться відповідні роботи в будинку (будинках), підрядник надає документи про проведення цих заходів (акт виконаних робіт, рахунки-фактури тощо). Ці документи подаються до банку, банк через зведений реєстр позичальників надає інформацію про відповідний кредит та виконану роботу Держенергоефективності, тоді Агентство повертає ОСББ 30 % від тілу кредиту. Цей механізм спрощує надання державного відшкодування: відсутні конкурсний відбір та проведення експертиз для ОСББ, які бажають отримати державну підтримку, треба лише надати пакет відповідних документів. Термін відшкодування зменшився з двох років до двох місяців.

З метою забезпечення якості таких проектів перед їх запровадженням має проводитися обов'язковий енергоаудит. А при виконанні робіт допускається використання лише сертифікованих товарів, матеріалів та послуг юридично оформлених будівельних фірм, перелік яких буде викладено на спеціальному веб-сайті.

Питання енергоефективності житлового сектору в умовах енергозалежності країни, готовності міжнародних та українських фінансових установ інвестувати в енергоефективні заходи, урегулювання нормативно-правової бази функціонування енергосервісних компаній (ЕСКО), формування ділового майданчика для об'єднання державних, інвестиційних та бізнес-програм з енергоефективності для впровадження в житловому секторі, необхідності поширення в Україні кращих європейських практик з енергозбереження стали предметом обговорення на круглих столах, інформаційно-комунікативних заходах, ділових конференціях, експертних семінарах («Енергосервісні контракти – шлях до енергоефективності країни», «Залучення приватних інвестицій у проекти з енергоефективності будівель бюджетної сфери в Україні: регуляторна реформа та подальші кроки»,

«Кращі практики використання програмних засобів для розрахунку енергоефективності будівель», «Кращі практики щодо енергозбереження у ЖКГ: роль ОСББ у досягненні енергоефективності житлового сектору», «Інвестиції в енергоефективність житлового сектору – європейський досвід взаємодії держави та бізнесу» та ін.).

Учасники заходів одностайно визнали відсутність в Україні спеціального законодавства у сфері забезпечення енергетичної ефективності будівель та співпраці бюджетних установ з енергосервісними компаніями, важливу роль ОСББ у підвищенні енергоефективності своїх будинків, які здатні мобілізувати фінансові, організаційні, інтелектуальні та інші ресурси своїх членів на вирішення спільного для всіх завдання – зробити свій будинок енергоефективним з мінімальною витратою енергоресурсів на його експлуатацію, також необхідність використання допомоги та досвіду Європи, яка давно пройшла шлях енергоефективного переоснащення.

Використовуючи європейський досвід щодо енергоефективності, залучаючи іноземні інвестиції на фінансування енергоощадних технологій, Україна стає на крок ближчою до Європи.

ЄБРР планувало у 2015 р. відкрити кредитну лінію для здійснення заходів з підвищення енергетичної ефективності в будівлях. Про це йшла мова під час експертного семінару «Розрахунок енергоефективності будівель». Семінар відбувся в рамках проекту «Технічна допомога для підтримки інвестицій в енергоефективність у житлових будинках», який ЄБРР реалізує у співпраці з Міністерством регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства. Експерти зазначили, що сьогодні існує потреба у створенні електронного інструменту для розрахунку енергоефективності в будівлях.

Європейський досвід доводить, що в результаті заходів з енергозбереження (утеплення, встановлення лічильників тощо) споживання енергоресурсів знижується десь на 30–40 % [4]. За оцінками експертів, реалізація проектів термомодернізації житлових будинків дала б можливість щороку економити понад 30 млн мВт/год, або приблизно 7 млрд грн [2].

Як бачимо, Україна – далеко не перша держава у Європі, яка стикнулася з необхідністю підвищення енергоефективності житлових будинків та будівель соціального призначення. Позитивним для нас є те, що, освоюючи нові технології, ми вже можемо покладатися на практичний досвід інших країн. Акумулюючи результати вже реалізованих реформ і власних розробок, ми можемо знайти найбільш прийнятні моделі для кожного регіону України, враховуючи його індивідуальну специфіку.

Енергоефективність повинна стати не просто пріоритетом держави, вона повинна стати державною релігією, догмою, аксіомою і «ідеєю фікс» окремо взятої людини.

Законодавчі документи на рівні ЄС є важливим фактором підвищення енергоефективності та розвитку енергосервісної діяльності в країнах-учасниках, зближення законодавчих норм і практик. Проте, підходи до вирішення проблем енергоефективності значно варіюються в країнах Європи і визначаються такими факторами, як різні стимули, що формуються існуючими правовими і політичними рамками, а також умови фінансування проектів.

За даними Європейської комісії на будівлі припадає близько 40% споживання енергії в ЄС, при цьому більше 20% споживаної енергії є неефективним. Величезний потенціал для підвищення енергоефективності національних економік представляє використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Загальний потенціал ринку енергозбереження в Європі оцінюється в 5-10 млрд. євро зі збільшенням до 25 млрд. євро в довгостроковій перспективі [2]. Тому діяльність у сфері енергозбереження має значний економічний, екологічний та соціальний потенціал, особливо з урахуванням зростання цін на енергоресурси та амбітних планів європейців щодо збереження клімату та обмеження викидів парникових газів. Європейський Союз своїми діями просуває енергозбереження, розвиток енергосервісу і механізмів фінансування енергозберігаючих проектів шляхом прийняття ряду прямих і непрямих рекомендацій і Директив. Найбільш важливими з них є: - Директива з використання енергії (The Energy Services Directive, ESD), 2006/32 / EC; - Директива з енергетичних характеристик будівель

(the Energy Performance of Buildings Directive, EPBD), 2010/31/EU. Документами непрямої дії, але тісно пов'язаними з питаннями підвищення енергоефективності, є: - Директива заощадження (the SAVE Directive, 93/76 / EC), яка ставить собі за мету скорочення викидів двоокису вуглецю шляхом підвищення енергоефективності [6]; - Екологічна директива з енергетично ємних товарів (the Eco-Design Directive for Energy Using Products, 2005/32/EC). Країни зі значним досвідом національного законодавства в питаннях підвищення енергоефективності мають великий вплив на розробку загальноєвропейських документів.

На сьогоднішній день, незважаючи на великий інтерес до проблем розвитку енергосервісної діяльності, ряд питань, пов'язаних з аналізом та розвитком ринку енергосервісу залишається непроробленим. Відсутні комплексні дослідження, що висвітлюють на науковому і практичному рівнях проблему розвитку ринків енергосервісних контрактів в Україні, що перешкоджає виробленню обґрунтованих рішень з розвитку енергосервісної діяльності. Лідируюче положення не означає домінуюче. Навпаки: 20% ринку енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності за принципом Парето для енергосервісних послуг є недосяжною величиною, і з урахуванням досвіду зарубіжних держав їх фактичні можливості не перевищують 8-10%. В Україні в загальному обсязі робіт і послуг, а також реалізованої продукції високої енергетичної ефективності він займає не більше 0,1%. Проте і такий показник є значним досягненням з урахуванням великого обсягу бюджетних коштів, які були виділені в попередні роки на енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності, а також обсягу фінансування за рахунок тарифних заходів, що здійснюються в рамках інвестиційних програм регульованих організацій. На прикладі міжнародного досвіду проводяться державні програми щодо удосконалення регулювання в галузі енергосервісу. Ключові ініціативи 2013-2014 років в області розвитку енергосервісу в Україні, які в даний час дають свої результати, пов'язані з удосконаленням методології та нормативної правової бази, а також з консолідацією учасників ринку енергосервісних послуг. На сьогоднішній день

ключовий інструмент розвитку нормативного правового регулювання, методології надання енергосервісних послуг та зняття правових бар'єрів для розвитку відповідного ринку, починаючи від бюджетної сфери, житлового фонду та регульованих організацій і до заходів економічного стимулювання та інформаційної підтримки є роль держави у цьому напрямі. Уряд йде на зустріч організаціям, які впроваджують енергосервіс у складній економічній та соціальній ситуації

1.2. Аналіз стану енергоефективності існуючих житлових багатоквартирних будівель

Сучасний стан житлової сфери України наразі переживає складний та багатогранний процес реформування, який є необхідним для модернізації даної галузі відповідно до сучасних економічних реалій. Поряд з цим стан житлово-комунального господарства на сьогодні є однією з найболючіших проблем України, яка набула особливо гострого суспільного значення у зв'язку із значним зростанням вартості на енергоносії за останні роки. Протягом років незалежності державна не вжила жодних дієвих заходів щодо покращення технічного стану житлового фонду, а займалась звичайним популізмом, давала нереалістичні обіцянки, а будь-яка реформа носила здебільшого декларативний характер. Все це і призвело до катастрофічного занедбання житлового фонду країни та зношеності основних фондів житлово-комунального господарства.

Основними проблемами, які накопичились в житловій сфері і по сьогодні залишаються невирішеними, є:

- низька якість житлового фонду України;
- великий обсяг застарілого та аварійного житлового фонду;
- відсутність ефективних реформ у житлово-комунальному господарстві:

не відбуваються необхідні перетворення у сфері системи управління житлом, що в свою чергу призводить до постійного погіршення стану житлового фонду.

Спробуємо більш детально розглянути вищезгадані проблеми житлової сфери України.

Застарілість і аварійність житлового фонду країни: Значна частка житлового фонду країни перебуває в аварійному стані або є застарілою і потребує капітального ремонту. Близько 40% житло-вого фонду України – це багатоквартирні житлові будинки, в яких мешкає більш ніж 47% населення країни, з них 80% багатоквартирного житлового фонду потребує повної або часткової модернізації та значного підвищення енергетичної ефективності [1]. На проведення цих заходів за оцінками експертів необхідно приблизно 50 млрд. доларів.

Основні причини такої ситуації:

–застаріла система управління багатоквартирним житловим фондом. Так, 95% квартир знаходиться у приватній власності [1], власники квартир є співвласниками спільного майна у багатоквартирному будинку, проте функція з управління таким будинком не передана власникам і залишається як правило у комунальних підприємств, а створення ОСББ не завжди може вирішити цю проблему;

– відсутність дієвого механізму для прийняття рішень щодо спільного майна у багатоквартирному будинку, де не створено органі-зації співвласників (ОСББ), адже чинним законодавством (Ци-вільний кодекс України) передбачено загальне правило – 100% згоди співвласників для прийняття будь-якого рішення, що є абсолютно неефективним і не дозволяє забезпечити належне утримання будинку;

– співвласники багатоквартирного будинку не можуть отримати кредит. Сучасна організаційно-правова форма об'єднання спів-власників багатоквартирного будинку не дає змоги оцінити таке об'єднання як перспективного кредитора, а в будинках, де об'єднання не створено, взагалі відсутня можливість залучити кредитні кошти;

– надія на масове створення ОСББ і покладання основних наванта-жень з управління житловим фондом себе не виправдала, адже базово ОСББ покликані стати механізмом прийняття рішень співвласниками;

– відсутній будь-який механізм державної підтримки у даній сфері.

Досвід країн Центральної Європи показує, що найбільш ефективний спосіб вивести ЖКГ з кризи та провести модернізацію житлового фонду у якомога коротші терміни є залучення співвласниками комерційного фінансування (банківські кредити) у поєднанні з державною програмою підтримки.

Внаслідок безсистемного розвитку житлового законодавства сучасний стан житлової сфери можна охарактеризувати наступним чином:

- приватизація житла була здійснена без створення відповідної правової концепції управління приватизованим житлом, вироблення стратегії фінансування капітального ремонту житла, що мало своїм наслідком утриманське ставлення населення до свого житла;

- незаконне надання земельних ділянок під будівництво багатоквартирних житлових будинків інвесторам при відсутності належної концепції побудови договірних відносин інвестування та системи способів забезпечення виконання забудовниками своїх зобов'язань щодо виникнення права власності на житло;

- відсутність ефективних стимулів як для мешканців багатоквартирного житлового фонду, так і для приватних інвесторів вкладати кошти в термомодернізацію житлового фонду, в заходи з підвищення енергоефективності, які сьогодні є найважливішими на фоні постійного зростання вартості енергоносіїв.

Вищенаведені проблеми за відсутності їх ефективного вирішення на державному рівні мають тенденцію до поглиблення і погіршення. На жаль, сьогодні погіршення ситуації вже сягнуло такого рівня, що необхідно негайно вживати екстрених заходів. Усі позитивні ініціативи у нашій державі, як це було майже завжди, почалися знизу, тобто, від пересічних, свідомих громадян – мешканців багатоповерхівок. Все більше громадяни усвідомлюють себе власниками свого будинку і активно протестують проти незадовільного рівня обслуговування свого будинку ЖЕКами. Все більше активних громадян створює в своїх будинках ОСББ і шукає шляхи проведення комплексної термомодернізації свого будинку для зниження втрат теплової енергії. Важливо, щоб держава остаточно не втратила зв'язок з реальністю і з позитивними процесами в житлово-

комунальній сфері, які сьогодні активно розвиваються, і долучилася до них шляхом приведення законодавства до якісно нового рівня, а також створення належних умов для підвищення енергоефективності житлового фонду.

В умовах глобалізації світових соціально-економічних процесів першочерговим завданням будь-якої держави є забезпечення енергетичної безпеки. Енергетична безпека держави виходить на перший план з одного боку у зв'язку з вичерпністю енергоресурсів. З іншого боку, для України, як і більшості країн Європи, проблема енергетичної безпеки є тим більш актуальною, бо і Україна і країни ЄС належать до країн з низькою забезпеченістю енергоресурсами, що створює загрозу національній безпеці зазначених держав.

Про необхідність забезпечення енергетичної безпеки Української держави наголошується у президентській Програмі економічних реформ на 2010 - 2014 р.р. “Заможне суспільство, конкурентоспроможна економіка, ефективна держава” та Енергетичній стратегії України на період до 2035 року [8, 9]. За таких умов потребують вирішення проблеми підвищення ефективності використання енергоресурсів, енергозаощадження, зменшення негативного впливу енергетики на довкілля і т.ін. Актуальними ці проблеми є для житлово-комунального господарства країни. ЖКГ належить до числа найбільш енергомістких секторів національного господарства, що вносить вагомий внесок у кількість викидів CO₂. Витрати котельнопічного палива у країні становить 65-70% від загальної кількості витраченого на виробничо-експлуатаційні потреби. Так, наприклад у 2005 році було витрачено 100,6 млн.т. умовного палива. Від його спалювання викиди CO₂ становили 324,9 млн.т. [10]

Середньорічна потреба вітчизняного ЖКГ у паливі, що витрачається на теплове забезпечення житлових і громадських будівель, становить близько 2200 млн. ГДж. Економічно доцільно і технічно можливо знизити цю величину на 800 млн. ГДж [10]. Одночасно знизиться і обсяг викидів CO₂ у атмосферу. Підприємства ЖКГ щорічно споживають 8 млрд. кВт електроенергії та 10 млрд. м³ природного газу. На опалення жилого фонду щорічно витрачається понад 70 млн.т. у.п., що майже в 3 рази більше, ніж у країнах ЄС. В Україні у 1993 році

введено нові норми теплового захисту житлових будинків (зміни у СНиП II-3-79). Наступними змінами було введення норм нового покоління ДБН В.2.6-31:2006 “Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель”, що вступили в дію з 01.04.2007 року [11]. Зазначені норми відповідають вимогам Європарламенту з енергоефективності будинків. Так, за новими стандартами, в теплоізовьованому домі втрати тепла через вікна на 13%, через стіни – на 24% нижчі, ніж у будинках, споруджених до 1994 року.

Але підстави для оптимізму – відсутні. По-перше, більша частина вітчизняного житлового фонду побудована до 1994 року. Аналіз існуючих проєктів за якими побудовано багатоповерхові житлові будинки в Україні показав, втрати тепла через зовнішні стіни складають приблизно 30%, підвальні та горищні перекриття - 10%, віконні та дверні прорізи - до 30%. По-друге – не дивлячись на впровадження змін нормативних вимог до теплоізоляції огорожувальних конструкцій будинків, вітчизняні норми залишаються одними з найнижчих серед країн Європи. Проведений порівняльний аналіз вітчизняних норм та норм країн ЄС щодо опору теплопередачі огорожувальних конструкції наведений у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Порівняльний аналіз вітчизняних норм та норм країн ЄС щодо опору теплопередачі огорожувальних конструкції

Країна	Опір теплопередачі, $\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$				Питомі тепловитрати $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{m}^2$
	Стіни	Покриття	Перекриття	Вікна	
Україна	22,8	3,3	3,3	0,6	90-180
Росія	2,9	3,7	4,2	0,4	95-195
Німеччина	18-5,0	5,8	3,5	0,7	30-70
Литва	3,33	5,55	4,0	0,52	-
Данія	3,3	5,0	3,4	0,4	55
Фінляндія	3,5	4,5	4,5	0,47	-
Польща	3,0	3,0	3,0	0,5	70-100
Словаччина	3,1	5,0	5,0	0,59	30-100
Канада	3,2-4,1	6,6	6,6	0,6	30-70

Показники річних енерговитрат у житловому фонді наступні: - у Західній Європі - 150-260 $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{m}^2$; - Скандинавії - 120-150 $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{m}^2$ та 60-80 $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{m}^2$ - для енергоефективних будинків; - та Східній Європі, у т.ч. Україні - 250-400 $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{m}^2$. Таким чином, житловий фонд України потребує форсованого

скорочення нераціонального використання енергоресурсів. Відомо, що показник енергоємності ВВП України - 0,89 кг у.п./\$США, який у 2,6 рази вище середньосвітового рівня, свідчить про те, що досягнення прогнозного для 2030 р. рівня (0,36 кг у.п./\$ США) може бути забезпечено лише за рахунок впровадження принципово нових системних технологій, систем обліку витрат енергоресурсів тощо. Але на сьогодні матеріально-технічна база ЖКГ з її темпами деградації не може мати навіть приблизних показників подібної енергоємності.

1.3. Огляд сучасних шляхів та методів підвищення рівня енергоефективності житлових багатоквартирних будівель

Дослідження сучасного стану житлового фонду в містах України (проаналізовані характерні типи житлових будинків, серед яких обрано і ознайомлено з типовими) [1] та проведення класифікації такого житла за призначенням, кількістю квартир, поверховістю, видом позаквартирних комунікацій, орієнтацією дало змогу виявити специфічні характеристики кожного з типів житлових будинків, визначити зв'язок даних характеристик будинків з їх енергоефективністю.

З'ясовано, що найпоширенішими є середньо та багатоповерхові секційні, а також коридорні житлові будинки, які, за проведенням аналізом кількісних залежностей між параметрами будинків та їх енергоефективністю при зміні значень допустимих параметрів форми (наближення форми до компактної), мають найбільший потенціал підвищення енергоефективності. Для даних типів будинків доцільне укрупнення їх об'єму, створення житлових груп, цілісне формування кварталів, універсальність, художня виразність.

На основі аналізу характерних типів енергоефективних житлових будинків, зведених в Європі, було обрано 50 типових будинків [12]. На їх прикладах виявлені основні характеристики реалізованого енергоефективного житла. Це раціоналізація використання енергії, забезпечення належного рівня енергоефективності будівель відповідно до нормативно-правової бази, врахування

особливостей архітектурно-планувальної, наявність технічної бази досягнення гнучкості, варіабельності структур, екологічність, об'ємно-просторової, організації, з ефективними конструкціями, технологіями композиційно-стилістичної та матеріалами.

За результатами аналізу світового досвіду проектування енергоефективних будівель сформована узагальнена класифікація енергоефективних будинків, серед яких найкращі показники енергетичної ефективності мають будинки з нульовим енергоспоживанням (NZEB) або з надлишковою енергією (Energy+), які отримують енергією від альтернативних джерел та «Пасивні будинки», з показником не більше 15 кВт*год/м*рік, який забезпечується енерговитрат на опалення архітектурно-планувальними, конструктивними та інженерними заходами. Такий досвід є позитивним для підвищення енергоефективності житла в Україні шляхом покращення архітектурно-планувальних, об'ємно-просторових, конструктивних та інженерних рішень будинків.

До розроблення заходів з підвищення енергоефективності об'єктів необхідно виявити всі чинники, що негативно впливають на експлуатаційну надійність кожної будівлі і безперебійну роботу інженерних систем та зовнішніх теплових мереж, а також визначити конкретні причини наднормативного енергоспоживання, здійснити аналіз отриманої інформації, що повинен лягти в основу майбутньої програми з підвищення енергетичної ефективності будівлі, яка включає перелік ремонтних робіт, пов'язаних з підвищенням експлуатаційної надійності, і перелік термомодернізаційних заходів з орієнтовними термінами їх виконання і витратами на реалізацію.

Такі роботи необхідно виконати по кожній будівлі, яка включена до переліку об'єктів, що потребують термомодернізації та модернізації. Якщо в будівлі є проблеми щодо експлуатаційної надійності, то роботи з їх усунення повинні бути пріоритетними. Якщо таких проблем немає, або вони усунені, можна приступати до виконання заходів з термомодернізації та модернізації.

Розроблення найефективніших заходів з підвищення енергоефективності об'єктів виконують на основі аналізу результатів огляду технічного стану,

заповнених опитувальних листів, результатів енергетичного обстеження (енергоаудиту) та теплотехнічних розрахунків, виконаних у відповідності до ДБН Б В.2.6-31:2006, ДСТУ-Н А.2.2-5:2007 [13,14].

До комплексу інженерно-технічних заходів, які необхідно здійснити для підвищення енергоефективності об'єкта, можна віднести:

- підвищення термічного опору огорожувальних конструкцій будівель за рахунок впровадження енергозбережних технологій;
- модернізацію систем тепло- та водопостачання зовнішніх інженерних мереж та внутрішніх інженерних систем;
- модернізацію систем вентиляції ;
- облік і регулювання споживання енергоресурсів і води. При впровадженні заходів з термомодернізації слід враховувати:
 - місцеві кліматичні умови;
 - геометричні, теплотехнічні та енергетичні характеристики будівлі;
 - нормативні санітарно-гігієнічні та мікрокліматичні умови приміщень будівлі;
 - технічні характеристики інженерного обладнання.

Залежно від капіталоємності та очікуваної економії енергетичних ресурсів запропоновані заходи групують по пакетах.

Наприклад:

1. Підвищення термічного опору огорожувальних конструкцій будівель за рахунок впровадження енергозбережних технологій:

- а) теплоізоляція зовнішніх стін будівлі плитами із спіненого полістиролу з опорядженнями тонкошаровими штукатурками;
- б) теплоізоляція зовнішніх стін будівлі мінераловатними плитами з вентильованим повітря-ним прошарком та опорядження індустриальними елементами;
- в) теплоізоляція зовнішніх стін будівлі плитами із піноскла з опорядженнями тонкошаровими штукатурками;

г) теплоізоляція дахового перекриття з улаштуванням теплоізоляційного шару із мінераловатних плит, базальтової вати, піноскла з улаштуванням пароізоляційного шару; із пінополіуретану з улаштуванням захисного шару із пожежобезпечних матеріалів;

д) теплоізоляція підвального перекриття з улаштуванням теплоізоляційного шару із мінераловатних плит, базальтової вати; піноскла з улаштуванням пароізоляційного шару; із пінополіуретану з улаштуванням захисного шару із пожежобезпечних матеріалів;

є) встановлення енергозберігальних вікон та дверей в житлових приміщеннях квартир.

ж) утеплення під'їздів (заміна вікон на енергозберігальні, встановлення вхідних утеплених дверей; утеплення тамбурів).

2. Модернізація систем тепло- та водопостачання внутрішніх інженерних систем:

а) часткова модернізація (встановлення автоматичного регулятора теплового потоку, встановлення теплоізоляційних рефлекторів за опалювальними приладами);

б) комплексна модернізація (встановлення автоматичного регулятора теплового потоку; балансування системи опалення; встановлення сучасних опалювальних приладів малої інерційності; встановлення термостатичних регуляторів на опалювальних приладах; встановлення теплоізоляційних рефлекторів за опалювальними приладами).

3. Модернізація систем тепло- та водопостачання зовнішніх інженерних мереж:

– зниження тепловтрат в інженерних мережах шляхом поступового переходу на сучасні трубопроводи, в тому числі на теплові мережі з пінополіуретановою ізоляцією;

– оптимізація режимів роботи мереж теплопостачання шляхом впровадження систем автоматизованого управління і регульованого приводу насосних агрегатів, заміна насосів з підвищеною установленою потужністю;

- реконструкція теплових пунктів з застосуванням ефективного тепломеханічного обладнання (пластинчастих водонагрівачів);
- встановлення сонячних колекторів для гарячого водопостачання
- встановлення електричних котлів з нічним акумулюванням теплової енергії ;
- застосування в системах тепlopостачання замість поверхневих теплообмінників трансзвукових струминно-форсуночних апаратів;
- використання апаратури контролю і діагностики стану внутрішньої поверхні обладнання і систем тепlopостачання;
- застосування сучасних методів і технологій для очищення теплообмінного обладнання котлів, систем водопостачання від відкладень солей та продуктів корозії ;
- оптимізація процесів горіння в топках котлів та впровадження оптимальних графіків регулювання з використанням засобів автоматики і контролю;
- застосування в котельнях протитискових турбін, які встановлюються паралельно в дросельному пристрої.

4. Модернізація систем вентиляції (застосування систем вентиляції з утилізуванням тепла витяжного повітря, в тому числі і за допомогою теплового насосу, і використання утилізованого тепла на потреби гарячого водопостачання; встановлення локальних пристроїв вентиляції з рекуператорами теплоти).

5. Облік і регулювання споживання енергоресурсів і води.

Саме утеплення огорожувальних конструкцій будівлі не призведе до бажаного зниження витрат на опалення будівлі, тому що кількість теплової енергії, яка витрачається на його опалення, буде такою самою, як і до утеплення. У квартирах стане тепліше, але без сучасних засобів автоматизації та регулювання тепловитрат не буде досягнуто зниження тепловитрат.

Для зниження тепловитрат необхідно:

- впровадження комплексу інженерного обладнання, що зв'язує теплові мережі із споживачами теплоти і призначений для приймання, приготування, розподілу, регулювання та обліку теплоносія;

- впровадження механізмів та пристроїв, призначених для обліку та регулювання енергопостачання в будинках, встановлення систем автоматичного регулювання теплового навантаження та заміна бойлерів гарячого теплопостачання;

- впровадження горизонтальних поквартирних систем опалення з індивідуальними поквартирними вузлами обліку теплової енергії. При реконструкції та капітальному ремонті житлового будинку облік теплоспоживання системою опалення у квартирах слід здійснювати згідно з ДБН В.3.2-2. Застосування приладів-розподільвачів теплової енергії на опалювальних приладах слід здійснювати згідно з ДСТУ EN 834 або ДСТУ EN 835.

Висновки до першого розділу

Стан житлового фонду країни погіршується з року в рік, а витрати на його підтримку пропорційно зменшуються. На сьогоднішній день кожен третій будинок потребує капітального ремонту або реконструкції [7, 8]. Приблизно кожен четвертий житель міста проживає в квартирі, в якій необхідно підвищення рівня комфортності, теплової та інженерної модернізації. Європейські країни з другої половини XX століття працюють за програмами підвищення теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій [9], а з 2006 року і Україна приєдналася до них [8], внаслідок чого нові стандарти проектування істотно посилили вимоги до енергоефективності будівель. Всі існуючі багатоповерхові будівлі масової споруди не відповідають новим вимогам по енергоефективності. Втрата тепла через огорожувальні конструкції становить майже 40% від усієї інфільтрації, все інше: вікна - 30-35%, покрівля - 10-15%, підвал - 5-10. На сьогоднішній день в Україні програми з термомодернізації існуючих багатоповерхових будинків дуже слабо розвинені. Виходячи з цього, мешканці самі дбають про свій комфорт, виконуючи утеплення квартир без залучення кваліфікованих фахівців і без розроблення необхідної проектної документації.

Аналіз існуючого стану огорожувальних конструкцій багатоповерхових житлових будинків масової забудови показує що більшість дефектів фасаду видно неозброєним оком:

- підключення побутових приладів (кондиціонери, АГВ) не виконавши всіх вимог по закладенню стиків;

- руйнування захисного шару конструкції під впливом агресивного зовнішнього середовища, що зменшує їх надійність, стійкість і довговічність;

- пошкодження несучої конструкції стіни, через вандалізм (вибоїни, відколи);

- вивітрювання розчину кладки;

- розкриття міжпанельних швів, призводить до замокання всієї конструкції стіни, волога якої погіршує теплозахисні властивості стіни;

- відсутність або поломка елементів збору і відводу атмосферних опадів призводить до замокання і руйнування несучих конструкцій.

2 ВИЗНАЧЕННЯ БАЗОВОГО РІВНЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ТА ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВИХ БАГАТОКВАРТИРНИХ БУДІВЕЛЬ

2.1 Методичні підходи визначення базового рівня енергоспоживання житлових багатоквартирних будівель

Базове енергоспоживання – це енергоспоживання, розраховане для проектних / нормативних умов експлуатації та скореговане на фактичний стан будівлі та її інженерних систем, реальні (фактичні) умови експлуатації будівлі та її інженерних систем [18].

Загальне базове споживання теплової енергії будівлею розраховується з урахуванням:

- базового споживання теплової енергії на потреби опалення;
- базового споживання теплової енергії на потреби вентиляції;
- базового споживання теплової енергії на гарячого водопостачання.

Загальне базове споживання електричної енергії будівлею розраховується з урахуванням:

- базового споживання електричної енергії на внутрішнє освітлення;
- базового споживання електричної енергії системою припливно-витяжної вентиляції (якщо така система запроектована);
- базового споживання електричної енергії системою опалення (якщо запроектовано наявність циркуляційних насосів);
- базового споживання електричної енергії системою охолодження (якщо така система запроектована).

При визначенні базового рівня енергоспоживання будівлі використовують відповідне програмне забезпечення або розрахунковий метод базового річного рівня енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та ГВП будівель житлового та громадського призначення, що проектуються або експлуатуються. Цей розрахунковий метод встановлено Національним

Стандартом України ДСТУ Б А.2.2-12:2015 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні»

Базове енергоспоживання використовується для:

- оперативного контролю ефективності споживання ПЕР в процесі експлуатації будівель;
- побудови базової лінії енергоспоживання;
- розрахунків економії після впровадження енергоефективних заходів (ЕЕЗ).

Базовий рівень розраховується із усереднених показників обсягу споживання електричної енергії за обраний період, що передує року, в якому планується впровадження заходів з підвищення ефективності енергоспоживання, та коригується з урахуванням даних щодо режиму роботи закладу, фактичної кількості відвідувачів та дотримання нормативних вимог до рівня освітленості в приміщеннях.

Загальний розрахунок базового рівня споживання електричної енергії. Щомісячний базовий рівень споживання електричної енергії закладом розраховується за формулою [18]:

$$W_{\bar{o}i}^{el.} = m_i^{p.\bar{o}.} \cdot l_i^{chol.} \cdot XE_i^{el.}, \quad (2.1)$$

де $W_{\bar{o}i}^{el.}$ – базовий рівень споживання електричної енергії закладом у i -му місяці, $кВт \cdot год / місяць$;

$m_i^{p.\bar{o}.}$ – кількість робочих днів у i -му місяці, для якого визначається базовий рівень споживання електричної енергії, $днів$;

$l_i^{chol.}$ – кількість відвідувачів закладу в i -му місяці, для якого визначається базовий рівень споживання електричної енергії, $чоловік$;

$XE_i^{el.}$ – узагальнена характеристика споживання електричної енергії закладом для i -го місяця, $кВт \cdot год / добу \cdot чоловік$.

Узагальнена характеристика споживання електроенергії закладом визначається як:

$$XE_i^{el.} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left(\frac{W_{\phi j}^{zag.}}{m_{\phi j}^{p.\partial.} \cdot l_{\phi j}^{chol.}} \right), \quad (2.2)$$

де n – кількість обраних періодів, за якими усереднюється споживання електроенергії закладом;

$W_{\phi j}^{zag.}$ – загальний фактичний рівень споживання електроенергії закладом відповідно до показників приладів обліку за j -й період i -го місяця, $кВт \cdot год$;

$m_{\phi j}^{p.\partial.}$ – фактична кількість робочих днів у j -му періоді i -го місяця, $днів$;

$l_{\phi j}^{chol.}$ – фактична кількість відвідувачів закладу в j -му періоді i -го місяця, $чоловік$.

Річний базовий рівень споживання електричної енергії визначається як:

$$W_{\phi}^{pichn.} = \sum_{i=1}^{12} W_{\phi i}, \quad (2.3)$$

де $W_{\phi}^{pichn.}$ – річний базовий рівень споживання електричної енергії, $кВт \cdot год / рік$;

$W_{\phi i}$ – базовий рівень споживання електричної енергії для i -го місяця, $кВт \cdot год / місяць$.

Методика визначення базового рівня споживання теплової енергії.

$$Q_{б\ i} = Q_{б\ i\ оп} + Q_{б\ i\ вент} \quad (2.4)$$

Де $Q_{б\ i}$ – базовий рівень споживання теплової енергії установи, $Гкал / місяць$;

i – місяць, для якого розраховується базовий рівень;

$Q_{б\ i\ оп}$ – базовий рівень споживання теплової енергії на потреби опалення, $Гкал / місяць$;

$Q_{б\ i\ вент}$ – базовий рівень споживання теплової енергії на потреби вентиляції, $Гкал / місяць$, (при наявності).

Базовий рівень споживання теплової енергії розраховується виходячи з:

- еаних про фактичне споживання теплової енергії за попередні 3 (три) календарних роки;

- еаних про проектне теплове навантаження на опалення та вентиляцію, (при наявності);

- договорів на теплопостачання;

- енергетичних паспортів та сертифікатів, (при наявності) ;
- енергетичних аудитів, (при наявності) ;

Розрахунок базового рівня енергоспоживання методом лінійної регресії.

Модель багатфакторної лінійної регресії дозволяє встановити кількісний взаємозв'язок між певною цільовою змінною та вектором незалежних змінних. При моделюванні лінійної регресії взаємозв'язок моделюється за допомогою лінійних функцій[15].

Приклад встановлення лінійної залежності між двома змінними зображено на рисунку 2.1.

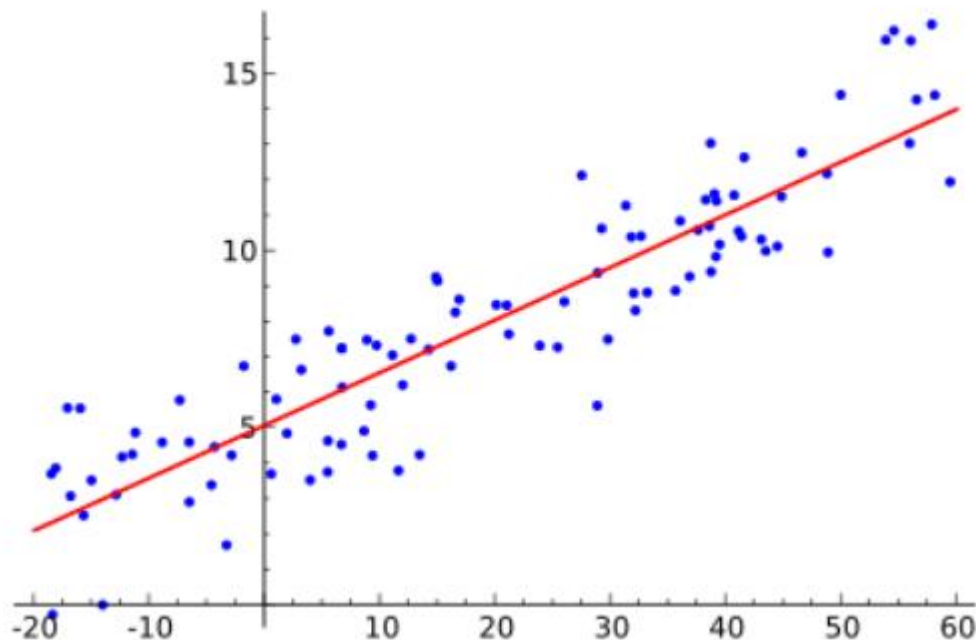


Рисунок 2.1 - Приклад встановлення лінійної залежності між двома змінними

Встановлюється лінійна залежність між цільовою змінною та незалежними змінними, а невідомі параметри знаходяться за вхідними даними. Функція лінійної регресії набуває вигляд:

$$\tilde{y}_i = \theta_0 + \sum_j \theta_j x_{ij}, \quad (2.5)$$

де θ_0 - перетин з віссю координат (в контексті даної задачі – постійне навантаження на об'єкті);

θ_j - лінійні коефіцієнти, або параметри моделі для кожної незалежної змінної(чинника);

x_i - незалежна змінна;

i – номер вибірки;

j – номер незалежної змінної;

y - залежна(цільова) змінна.

При знаходження оптимальних параметрів моделі використовують метод найменших квадратів. Після розв'язання системи рівнянь отримуються значення лінійних коефіцієнтів, які відповідають умовам системи рівнянь.

Розрахунок базового рівня енергоспоживання методом екстремального градієнтного підсилювання.

Метод лінійної регресії – найпоширеніший метод машинного навчання для побудови залежності між змінними. Перевагами даного методу є простота впровадження, наявна інтерпретація результатів та велика кількість валідаційних метрик [16]. Основною статистичною ідеєю даного методу є гіпотеза про детерміновану лінійну залежність між цільовою та незалежною змінною. Наявна лінійна залежність при побудові регресійної моделі дає певні переваги, а саме:

- велика кількість методів кількісної оцінки залежності між двома факторами (наприклад коефіцієнт кореляції Пірсона, який не чутливий до нелінійних типів взаємодії)

- наявність при побудові функціональної залежності між параметрами

- велика кількість методів валідації моделей, побудованих на лінійній залежності

2.2 Визначення показників енергоефективності житлових багатоквартирних будівель

Енергетична ефективність будівлі - це властивість будівлі, її конструктивних елементів та інженерного обладнання забезпечувати протягом очікуваного життєвого циклу будівлі побутові потреби людини та оптимальні мікрокліматичні

умови для її перебування та/або проживання у приміщеннях такої будівлі при нормативно допустимому (оптимальному) рівні витрат енергетичних ресурсів на опалення, освітлення, вентиляцію, кондиціонування повітря, гаряче водопостачання з урахуванням місцевих кліматичних умов за ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель».

В Європі прийнята наступна класифікація будівель, яка застосовується також і в Україні, для оцінки енергоефективності будівель при визначенні подальших кроків у нормуванні їх рівнів:

- старі будівлі, що побудовані до 1970-х років (в Україні до 2007 року) і вимагають для свого опалення та охолодження близько 300 кВт-год/м² [12];
- нові будівлі, які будувалися в Європі з 1970-х до 2002 року (в Україні до 2016 року) - 150 кВт-год/м² [12];
- будівлі низького споживання енергії (з 2002 року в Європі не дозволено зведення будівель з великим енергоспоживанням) - 60 кВт-год/м²;
- пасивні будівлі (прийнятий Закон, за яким з 2019 року в Європі не можна зводити будівлі за стандартами нижче ніж пасивний будинок)- 15 кВт-год/м²[12];
- будівлі нульової енергії (архітектурно має ті ж стандарти, що й пасивні будівлі, але інженерно оснащені так, щоб споживати виключно тільки ту енергію, яку самі й виробляють) - 0 кВт-год/м²;
- будівлі плюс енергія, які за допомогою встановленого на них інженерного обладнання - сонячних батарей, колекторів, теплових насосів, рекуператорів та інших - виробляють більше енергії, ніж самі споживають.

Методологія проектування енергоефективних будівель полягає в системному аналізі або дослідженні операцій, направленому на пошук альтернативних рішень та кількісного обґрунтування оптимальних їх варіантів.

Будівля розглядається як єдина енергетична система, що складається з незалежних підсистем:

- зовнішнього клімату як джерела енергії і об'єкту, від якого треба захищати (ізолювати) будівлю;

- комплексу інженерних підсистем, енергетично пов'язаних між собою.

Основний вплив на формування теплового режиму і, відповідно, енергетичного статусу будівлі (енергетичних витрат на забезпечення необхідного теплового режиму) здійснює його теплоізоляційна оболонка. Від властивостей цієї енергетичної підсистеми залежить вибір параметрів підсистеми опалення.

Об'ємно-планувальне рішення будівлі та конструктивні принципи теплоізоляційної оболонки обумовлюють ступінь корисного використання енергії сонця при кліматизації внутрішнього простору будівлі. Крім того, саме ця підсистема має найбільший потенціал в підвищенні енергоефективності будівель житлового та громадського призначення.

Параметри підсистеми вентилявання будівлі визначаються санітарно-гігієнічними вимогами до повітря приміщень. Наприклад, для житлових будинків розрахункова температура повітря і вимоги до повітрообміну в приміщеннях приймаються не менше 20°C і 0,8 (год⁻¹). Кількість та якість повітря обумовлена фізіологічними потребами людини, але термодинамічні його параметри можуть регулюватися конструктивними елементами підсистеми, ефективність роботи яких впливає на загальну енергоефективність будинку.

Сучасний стан будівництва демонструє зміну у енерговитратах будівель. Без урахування затрат на охолодження трансмісійні та витрати на інфільтрацію (вентиляцію) у сучасних багатоповерхових будівлях складають приблизно 53%, а значна доля (47%) припадає на гаряче водопостачання.

В будівлях висотою до трьох поверхів тепловитрати через огорожувальні конструкції значно більші. В таких будівлях особливо інтенсивно теплообмін відбувається через конструкції покриття.

В стандарті ДСТУ Б А.2.2-12:2015 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні» [7] надана наступна схема послідовності розрахунку енергоефективності будівлі:

- визначення границь кондиціонованих та некондиціонованих об'ємів та розподіл будівлі на розрахункові зони (за необхідності);

- визначення вхідних величин щодо теплоізоляційної оболонки будівлі, умов внутрішнього і зовнішнього середовища, моделі зайнятості (роботи) та інженерних систем для кожної зони;
- розрахунок теплопередачі трансмісією та вентиляцією для кожної зони будівлі та місяця року;
- розрахунок внутрішніх та сонячних теплових надходжень для кожної зони будівлі та місяця року;
- розрахунок енергопотреб для опалення, охолодження, вентиляції та гарячого водопостачання (ГВП) для кожної зони будівлі та місяця року;
- розрахунок додаткової енергії, теплових втрат систем виділення, розподілення та вироблення енергії для кожної зони будівлі та місяця року;
- розрахунок енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, ГВП та освітлення для кожної зони будівлі та місяця року;
- підсумовування результатів енергоспоживання для всієї будівлі за рік;
- складання звіту для будівлі.

Слід зауважити, що відтепер при проектуванні будівель в Україні головною вимогою стає досягнення нормованого рівня енергоефективності, яке забезпечується в тому числі контрольованим рівнем тепловитрат трансмісією через зовнішню оболонку. Але вимога до показників опорів теплопередачі її окремих конструктивних елементів виступає не головною. Загальний показник енергоефективності будівлі EP згідно ДБН В.2.6-31:2016 повинен визначатися за умовою:

EP EP_{max} де EP - розрахункова або фактична де EP - розрахункова або фактична питома річна енергопотреба будівлі;

EP_{max} - максимально допустиме значення питомої річної енергопотреб будівлі, кВт-год/м² або кВт-год/м³, що встановлюють за таблицею 1 залежно від призначення будівлі, її поверховості та температурної зони експлуатації.

Розрахункове значення EP визначають за формулою:

для житлових будинків

$$EP = (Q_{H,nd} + Q_{C,nd} + Q_{DHW,nd}) / A_f \quad (2.6)$$

для громадських (нежитлових) будівель

$$EP = 0_{H,nd} + 0_{C,nd} + Q_{DHW,nd} / V \quad (2.7)$$

де $0_{H,nd}$, $0_{C,nd}$, $Q_{DHW,nd}$ - річна енергопотреба будівлі для опалення, охолодження та гарячого водопостачання, відповідно, кВт год;

A_f , V -кондиціонована (опалювальна) площа для житлової, m^2 , та кондиціонований об'єм для громадської будівлі (або її частини), m^3 .

Фактичне значення EP визначають за ДСТУ Б В.2.2-39:2016 «Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель».

Для будівель, що підлягають термомодернізації, допускається приймати збільшені значення максимальної річної питомої енергопотреби з коефіцієнтом 1,25 до $EP_{\text{тах}}$. В Україні прийнято визначати сім класів енергоефективності, що наведені в таблиці 2. При новому будівництві та термомодернізації існуючої забудови клас енергоефективності повинен бути не нижчим за «С». Інженерні системи повинні мати також клас енергоефективності не нижчий за «С».

Таблиця 2.1 - Нормативна максимальна питома енергопотреба для житлових та громадських будівель

№ п/п	Призначення будинку	Значення $E_{\text{тах}}$, кВт-год/ m^2 , [кВт-год/ m^3], для температурних зон України	
		I	II
1	Житлові будинки		
	від 1 до 3	$470 \times F_h^{-1/4}$	$400 \times F_h^{-1/4}$
	від 4 до 9	55	48
	від 10 до 16	48	42
	від 17 до 24	43	38
	понад 25	40	35

Питомі тепловитрати на опалення будинків розрахункові або фактичні повинні бути менші за максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період.

Виконання цієї умови для будинку, що проектується або експлуатується, перевіряється на підставі результатів експериментальних випробувань згідно з ДСТУ Б В. 2. 2-21 або з використанням математичних моделей теплового режиму будинку, а також за результатами розрахунків згідно з додатком Н та ДСТУ- Н Б А.2.2-5.

На основі різниці в % розрахункового або фактичного значення питомих тепловитрат, від максимально допустимого значення встановлюються класи енергетичної ефективності будинку (А, В, С, D, Е, F).

Таблиця 2.2 Класифікація будинків за енергетичною ефективністю

Класи енергетичної ефективності будинку	Різниця в % розрахункового або фактичного значення питомих тепловитрат, $q_{бу д}$, від максимально допустимого значення, E_{max}, $[(q_{бу д} - E_{max})/ E_{max}].100 \%$
А	Мінус 50 та менше
В	Від мінус 49 до мінус 10
С	Від мінус 9 до 0
D	Від 1 до 25
Е	Від 26 до 75
F	76 та більше

Найгірший клас енергетичної ефективності будинку F, а відповідно А характеризує будинки з найкращими показниками. Необхідний клас енергетичної ефективності будинку задається у завданні на проектування і підтверджується енергетичним паспортом будинку. Для нового будівництва клас енергетичної ефективності будинку повинен бути не нижче С [18].

Відповідає за достовірність даних енергетичного паспорту проекту будинку проектна організація, що здійснює його заповнення під час проектування, або організація, яка оформлює енергетичний паспорт будинку, що здається в експлуатацію або експлуатується.

Енергетичний паспорт будинку є структурним елементом розділу «Енергоефективність» у складі проектної документації об'єктів. Вимоги до складу, викладення та оформлення розділу «Енергоефективність» при проектуванні житлових та громадських будинків викладені в ДСТУ Б А. 2.2-8:2010 [18].

Цей стандарт застосовують юридичні та фізичні особи – суб'єкти господарської діяльності незалежно від форм власності, які здійснюють проектування нового будівництва, реконструкції, капітального ремонту, енергетичної паспортизації будинків, при визначенні класу енергетичної ефективності будинку.

Завершальним етапом розроблення проектів будівництва є експертиза. Експертизу проводять експертні організації незалежно від форми власності, що відповідають критеріям, визначеним Мінрегіоном. Інформація про експертні організації, які відповідають критеріям, оприлюднюється зазначеним Міністерством на його офіційному сайті.

Нові будівлі необхідно обов'язково проектувати з низьким споживанням енергії - класу С або В та втілювати прогресивні заходи по конструюванню зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель та інженерного обладнання для проектування пасивних будівель класу А. Зводити нові будівлі з великим споживанням енергії - класів D, E, F і G - в Україні не дозволяється.

2.3 Аналіз існуючих типів житлових багатоквартирних будівель з позиції рівня їх енергоефективності

На 1 січня 2019 р. згідно з інформацією Інституту місцевого розвитку структура житлового фонду України становила 1079,5 млн.м² загальної площі, включаючи житловий фонд (2,2 млн.м²), що знаходився на балансі підприємств-

банкротів та тих, що припинили свою діяльність. Житловий фонд міських поселень становив 64,2%.

Майже весь житловий фонд (98,1%) розміщувався в житлових будинках квартирного типу. Площа гуртожитків та житлових приміщень у нежилых будівлях в загальному житловому фонді склала 1,9% (20,4 млн.м²) [12].

Загальна кількість квартир в Україні становила 19,3 млн., тобто на 2,4 жителя країни у середньому припадала одна квартира. За кількістю кімнат квартири розподілились наступним чином: 19,3% – однокімнатні, 37,1% – двокімнатні, 33,0% – трикімнатні, 10,6% квартир мали чотири і більше кімнат [26].

Станом на 1 січня 2018р. житловий фонд налічував 10171,2 тис. будинків, з них 629,2 тис. – незаселені загальною площею 31,2 млн.м², що становить 2,9% від загальної площі житлового фонду та 11,5 тис. будинків, що знаходяться на балансі підприємств-банкротів та тих, що припинили свою діяльність[12].

Вказані дані для міських поселень та сільської місцевості надані у відсотковому відношенні на Рис.2.1 Структура загальної кількості квартир житлового фонду України та їх загальної площі в розрізі кількості кімнат на 1.01.2018р. наведена на Рис.2.2, Рис.2.3 відповідно.

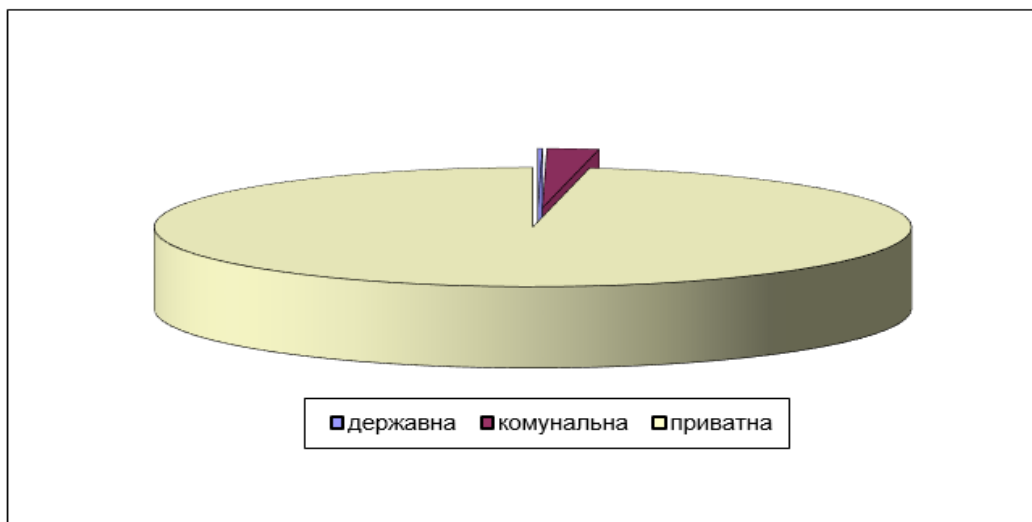


Рисунок 2.1 - Структура житлового фонду України за форматом власності на 01.01.2018 р.

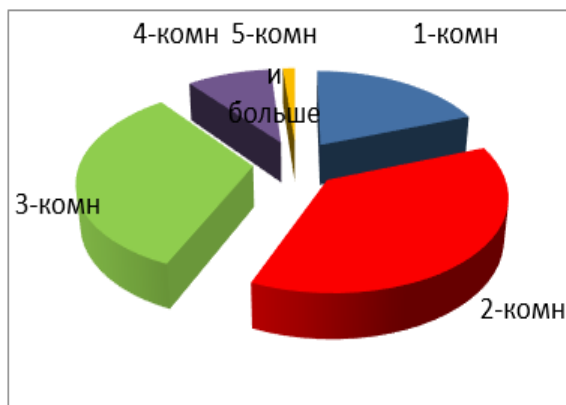


Рисунок 2.2 - Структура квартир житлового фонду України за кількістю кімнат на 01.01.2018р.

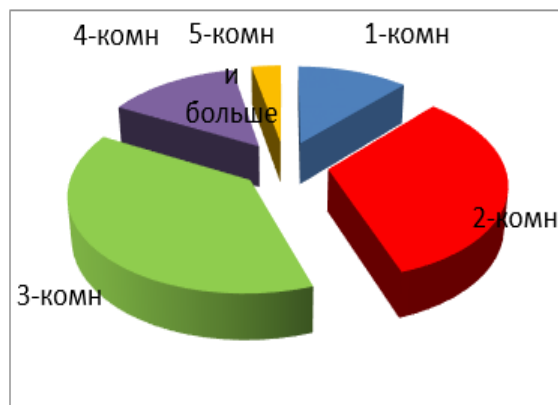


Рисунок 2.3 - Структура загальної площі квартир житлового фонду України за кількістю кімнат на 01.01.2018р.

Розподіл житлових будинків за роками побудови загалом по Україні станом на 1.01.2018 р. наведено на рисунку 2.4.

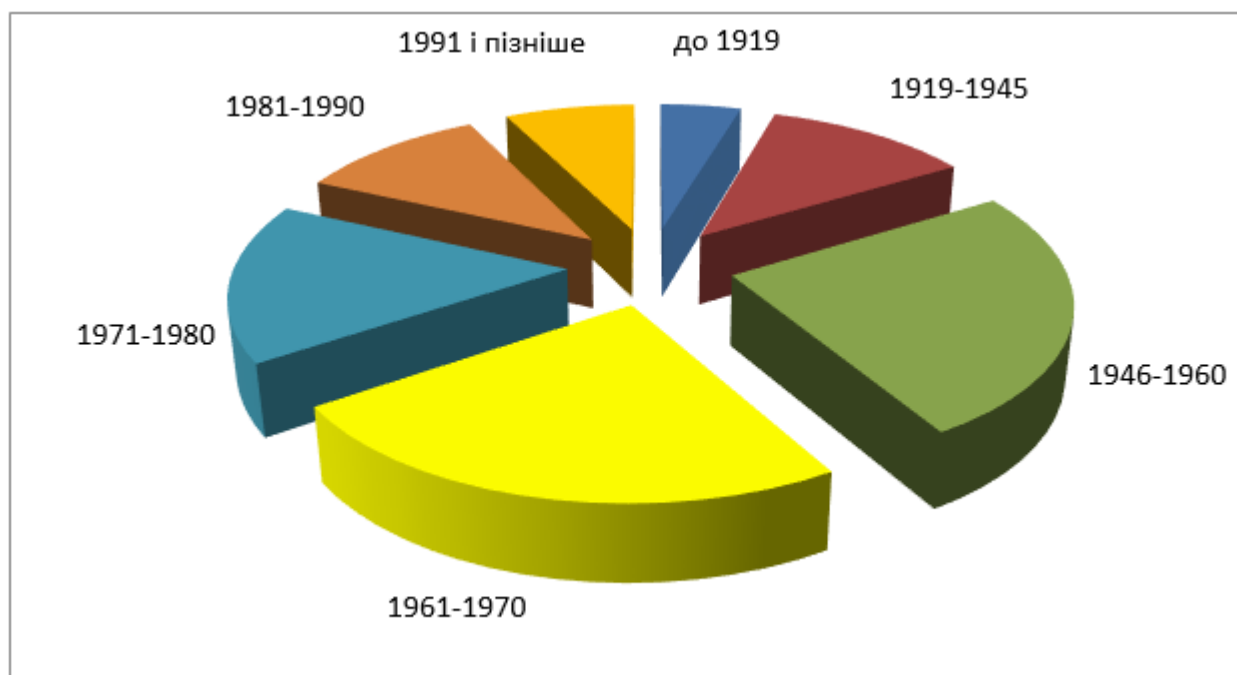


Рисунок 2.4 - Розподіл житлових будинків за роками побудови на 01.01.2018 р.

Огляд статистики щодо енергоспоживання житлового фонду.

Згідно Енергетичного балансу України за 2017 рік за даними загальне споживання енергії житловим фондом площею 1079,5 млн. м² становило 24,8 млн. тне. Це складає майже 33,7% загального кінцевого енергоспоживання (далі – ЗКЕ)

в 2010 році. Для порівняння, згідно даних МЕА (Міжнародне енергетичне агентство) вказаний показник у 2008 році становив 23,34 млн. тне, у 2009 – 22,08 млн. тне [17] .

Структура розподілення енергоспоживання житлового сектору за видами енергії у 2018 р. наведена на рисунку 2.5.

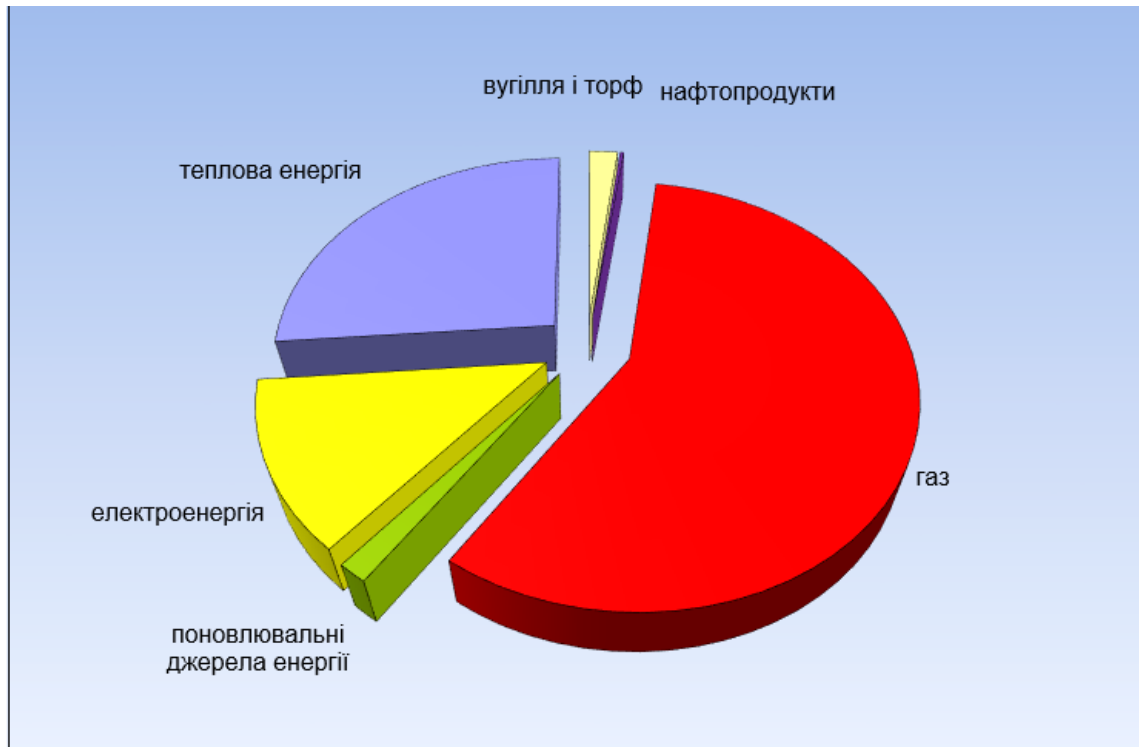


Рисунок 2.5 - Баланс енергоспоживання житлового сектору за видами енергії у 2018 р.

Наявні статистичні дані є недостатніми для здійснення подальшої оцінки потенціалу енергозбереження в житловому фонді оскільки не дають змогу оцінити енергоспоживання за регіонами України, що є необхідним при визначенні величини можливої економії енергії. За наявною інформацією можна лише визначити середнє питоме річне енергоспоживання житлового фонду України, що становить $267 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$ спожитої енергії[12].

За даними, що наводяться ЄБРР, у Норвегії статистика показує, що загальне енергоспоживання домашніх господарств поблизу Осло в середньому $140\text{-}170 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$. Кількість градусо-днів опалювального періоду Осло складає 4 000, коли у найхолоднішій кліматичній зоні України – в середньому 3 750 [19].

Якщо порівняти питоме енергоспоживання з іншими, теплішими країнами, то наприклад, у Болгарії енергоспоживання житловим сектором складає 100-130 кВт·год/м². В середньому, клімат Болгарії відповідає 3-4 кліматичній зоні України[19].

Враховуючи вищезазначене, можна стверджувати, що значна частка збудованих будинків до 2000 року має не задовільний рівень енергоефективності та потребує модернізації та підвищення рівня енергоефективності. Такими методами может слугувати на першому етапі модернізація інженерних систем будинку та цього утеплення, а на подальших як приклад встановлення системи «розумна будівля».

Висновки до другого розділу

В даному розділі було розглянуто методичні підходи визначення базового рівня енергоспоживання житлових багатоквартирних будинків який може проводитись розрахунковим методом або за допомогою інших методів, наприклад, методом лінійної регресії, або іншими. Також було розглянуто визначення показників енергоефективності житлових багатоквартирних будівель, та наступник пунктом розглянуто сучасний стан існуючих типів житлових багатоквартирних будівель з позиції рівня їх енергоефективності, заключенням якого став очікуваний висновок який свідчить про те, що більшість будівель знаходиться в далекому від бажаного стані та потребують модернізації та підвищення рівня енергоефективності, окрім розглянутих методів підвищення енергоефективності шляхом модернізації інженерних систем та утеплення, є досить дієвий та в одночас зручний метод підвищення рівня енергоефективності. А саме, запровадження системи «розумна будівля» який і є наступник кроком до підвищення рівня енергоефективності та комфорту.

Однак слід усвідомлювати, що для того, щоб енергозбереження і енергоефективність успішно розвивались, повинні бути створені певні умови. І це завдання, яке має вирішувати держава. Без кардинальної зміни ситуації у сфері тарифного регулювання, без розвитку ініціативи з боку споживачів ресурсів, без створення умов для залучення довгострокового фінансування ефективна

реалізація енергозберігаючих проєктів неможлива. При цьому сьогодні очевидна низка інституційних проблем, які необхідно вирішити на шляху підвищення енергоефективності житлового та бюджетного секторів. Насамперед, це проблеми, пов'язані з чинним законодавством у галузі енергозбереження, житлових відносин та діяльності органів державної влади та органів місцевого самоврядування. Адже, як було розглянуто в цьому розділі, проблема в енергоефективності житлових багатоквартирних будівлях існує та потребує вирішення, і навіть відомі прості, проте ефективні шляхи і методи підвищення енергоефективності даних будівель. Внесення змін до законодавства, безумовно, потребуватиме довгої і клопіткої роботи. Але це те завдання, яке дасть значний поштовх в реалізації низки проєктів з підвищення енергоефективності.

3 ЗАПРОВАДЖЕННЯ КОНЦЕПЦІЇ «РОЗУМНА БУДІВЛЯ» ДЛЯ ЖИТЛОВИХ БАГАТОКВАРТИРНИХ БУДИНКІВ

3.1. Можливі сценарії запровадження концепції «розумна будівля» для житлових багатоквартирних будинків

В епоху "розумних будинків" і "розумних електромереж", передові технологічні системи, які дозволяють автоматизувати вирішення побутових завдань, які стрімко розвиваються. Існує безліч технологій і додатків, які можуть бути встановлені в "розумних будинках" вже сьогодні. Вони забезпечують зв'язок між будинком побутовою технікою та користувачами, а також підвищують автоматизацію побутової техніки, моніторингу та можливості дистанційного керування. У цій частині дипломної роботи, представлені концепції "розумного будинку" і зв'язок з "Розумною мережею", та розгляд технологій для "розумних будинків". Технічні описи систем представлені і вказують на переваги і недоліки кожної технології та продукту на сьогоднішній день що доступні на ринку. Бар'єри, проблеми, переваги та майбутні тенденції в області технологій і роль користувачів також включена.

Європейський стандарт EN 15232 [27] і Директива щодо енергетичних характеристик будівель 2010/31 / EU [28], що відповідає Директиві 2009/72 / ЕС, а також "Energy Road Map" в області енергетики до 2050 року [29], сприяє впровадженню технологій "розумного будинку" для зниження енергоспоживання в жилих багатоповерхових будівлях. У сучасну епоху (Internet of Things) "Інтернет речей" їх розвиток було визнано значним. Потенціал створення інтерактивної системи управління енергією для будинків . Нова інформація і комунікаційні технології (ІКТ) з усе більшою мірою інтегруються в суспільство дозволяючи швидше і ефективніше взаємодіяти між користувачами, як в публічному, так і в приватному середовищі. Вони спрощують і покращують життя людей, особливо в їх домашньому середовищі. В найближчому майбутньому всі будинки будуть оснащені спеціальним штучним інтелектом, обчислювальною потужністю,

навичками спілкування, моніторинг та контроль, необхідні для поліпшення повсякденної діяльності. Більш ефективна взаємодія між людьми і побутовою технікою буде направлено орієнтована на поліпшення комфорту, охорону здоров'я, безпеку та енергозбереження. Будинки, таким чином, стануть розумними будинками. Розумний будинок - це розумний простір, який здатний реагувати відповідним чином на поведінку жителів.

З огляду на стрімке зростання споживання електроенергії в жилих багатоквартирних будівлях та збільшення кількості екологічних та нормативних обмежень, необхідність підвищення загального ККД електрообладнання ніколи не були такими великими. Тому енергоефективність є однією з центральних проблем, яку частково вирішує "розумний будинок" і розумних мереж. Розумні технології моніторингу використання енергії, де користувачі можуть контролювати споживання електроенергії в будинку за допомогою прямого і двобічного зв'язку з системою.

Також очікується зменшення коливань навантаження і подальше зменшення динаміки мережі, більш висока стабільність, менша кількість втрат в лініях і більш низькі експлуатаційні витрати з точки зору відповідності попиту на енергію з пропозицією [30]. Це одна зі стратегій, яка здається багатообіцяючою, щоб покрити розрив в продуктивності створенням прогнозованими енергетичними характеристиками будівлі і його фактичним споживанням енергії. Первинна енергія, яка використовується в будівлях по всьому світу, становить приблизно 40% від загальносвітового обсягу використання первинної енергії [31], підвищення енергоефективності будівель є критичним питанням щодо первинної економії енергії та відповідного скорочення "вуглецевого сліду" [32]. Це було мотивацією до розвитку "розумних будинків", в яких майже вся побутова техніка знаходиться під можливістю керування та в режимі керування в режимі реального часу. У кількох дослідженнях обговорюється ефект зворотного зв'язку по використанню енергії споживачам, які використовують різні технології [33]. Було встановлено, що, відображаючи в реальному часі інформацію про споживання електроенергії споживачами, вони ефективно змінюють свою поведінку, домагаючись економії

енергії до 30% [33]. У зв'язку з цим інтелектуальні мережі забезпечують зв'язок між будівлями, а також і серед енергогенеруючих систем.

В даний час, для задоволення зростаючого попиту на електроенергію існує розгортання датчиків, активних засобів автоматизації і двобічної зв'язку [34]. Цей останній аспект є найбільш актуальною особливістю що сприяє появі «розумних будинків» та розумних мереж. Традиційне бачення виробництва і споживання енергії змінюється, тому що користувачі починають виробляти і використовувати свою власну енергію локально, навіть якщо вони не завжди єдині або кінцеві споживачі виробленої ними енергії. Надлишки експортуються в мережу, що означає, що передача електроенергії повинна бути двобічної, тобто енергія повинна протікати в обох напрямках. У цьому сенсі розумна мережа відрізняється від традиційної електромережі своєю здатністю до прогнозування, контролювати і управляти двонаправленими потоками енергії. Вона збирає інформацію про поведінку користувачів і дії різних пов'язаних між собою елементів з метою забезпечення попиту і пропозиції на енергію, збалансоване а також ефективне використання енергії. Розумні будинки, таким чином, являють собою головний елемент інтелектуальної мережі, в якій моніторинг енергії і даних про навколишнє середовище в режимі реального часу дозволяє контролювати енергоспоживання.

Останнім часом споживачі стали більш свідомо ставитися до споживання енергії в будівлях і все більше і більше зацікавлені в пристроях і інструментах моніторингу та управління енергією в режимі реального часу [35]. Крім того, ринок управління енергією в житлових будинках може різко зрости у зв'язку зі зростанням вимог до споживачів і нових урядових і галузевих ініціатив. Були запропоновані різні енергоефективні протоколи маршрутизації і системи енергоменеджменту [36-38] для надання інформації про схеми використання енергії. Вони пропонують користувачам інформацію і функції управління, які можуть бути реалізовані, при цьому забезпечуючи простоту використання, доступність, безпеку і конфіденційність.

На сьогоднішній день широко впроваджуються в багатоквартирних будинках розумні інженерні комунікації (концепція «розумна будівля»). На основі

бездротових технологій виконується автоматизація інженерних комунікацій багатоквартирних будинків на основі програмно-апаратних платформ, які дають можливість управляти лічильниками, датчиками, регуляторами систем опалення, освітлення і безпеки через за допомогою додатків та інтернету. За допомогою цих програмно-апаратних платформ відкривається можливість створювати типові сценарії автоматизації для кожної квартири, під'їзду чи будинку. Мета таких сценаріїв - допомогти домовласникам економити електроенергію, тепло, воду, запобігати аварійним ситуаціям, захищати житла від проникнення сторонніх і т.п. При цьому кожен власник квартири на екрані комп'ютера або планшета бачить інформацію про стан квартири. Застосування бездротових систем на відміну від провідних систем автоматизації, дозволяє впроваджувати нові технології в уже заселених будинках, не доставляючи мешканцям великих незручностей. Яскравим прикладом такої концепції є «Автоматизована система енергомоніторингу» (АСЕМ).

Автоматизована система енергомоніторингу (АСЕМ) являю собою комплекс програмного та технічного забезпечення для дистанційного обліку споживання паливно-енергетичних ресурсів [39]. АСЕМ є багаторівневою, ієрархічною та забезпечує автоматизований облік енергоресурсів на основі даних, отриманих безпосередньо від вузлів обліку тепла, електричної енергії, холодної води, а також збір інформації про аварійні сигнали та температуру повітря всередині приміщень.

Основним завданням створення АСЕМ є вирішення на основі точної та оперативно отримуваної інформації питань контролю, підвищення ефективності споживання та раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів. З основних можливостей системи досить важливими аспектами слід виділити наступні: мониторинг даних в автономному режимі, можливість комерційного обліку, виявлення аварійних ситуацій в роботі системи, формування різноманітних звітів з наочним графічним зображенням, енергопланування та забезпечення захисту інформації.

Основні можливості програмного та технічного забезпечення системи наведені на рисунку 3.1.



**МОНІТОРИНГ ДАНИХ В
АВТОМАТИЧНОМУ РЕЖИМІ**
Автоматизований облік та аналіз
даних енерговикористання



**ФОРМУВАННЯ
РІЗНОМАНІТНИХ ЗВІТІВ**
Підготовка звітності для прийняття
відповідних рішень



**МОЖЛИВІСТЬ
КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ**
Передача даних щодо обсягів
спожитих енергетичних ресурсів до
постачальників



ЕНЕРГОПЛАНУВАННЯ
Прогнозування витрат енергетичних
ресурсів за різними сценаріями



**ВИЯВЛЕННЯ АВАРІЙНИХ
СИТУАЦІЙ В РОБОТІ СИСТЕМ**
Оповіщення щодо появи нештатних
ситуацій



ЗАХИСТ ДАНИХ
Захист інформації від
несанкціонованого доступу

Рисунок 3.1 - Основні можливості програмного та технічного забезпечення системи АСЕМ

АСЕМ дозволяє проводити моніторинг усіх видів енергоресурсів та аналізувати, оцінювати та порівнювати об'єми та ефективність їх споживання.

Програмне забезпечення розраховано на застосування для бюджетної та комерційної сфери, але як приклад і для житлових багатоквартирних будинків також можливе впровадження.

АСЕМ складається з апаратної складової (у разі використання елементів телеметрії та дистанційного збору даних) та програмної складової. Впровадження АСЕМ може здійснюватись як шляхом реалізації виключно програмної складової так і комплексно, що передбачає встановлення технічних компонентів для дистанційного збору показів енергоспоживання, температур, аварійних сигналів та інших, за бажанням.

Організаційна структура має можливість коригуватись у разі її зміни, приклад структури веб інтерфейсу для власника зображено на рисунку 3.2. Кожному з елементів структури присвоюється (чи обмежується) можливий рівень доступу. При наявності сублічильників, є можливість ввести та аналізувати споживання окремих зон у будівлі (як орендарів так і власних окремих зон у будівлі).

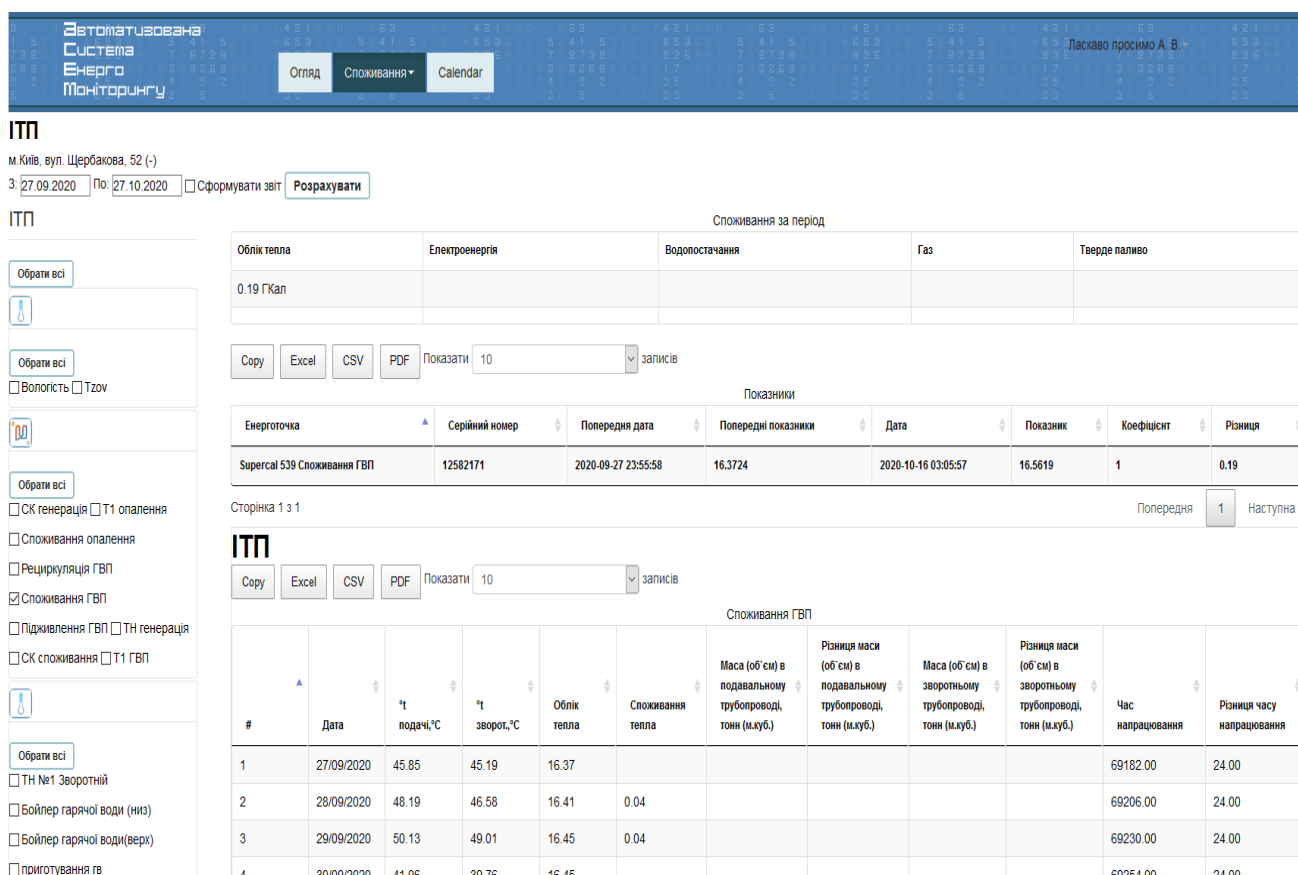


Рисунок 3.2 – Загальний вигляд веб інтерфейсу ACEM

Є можливість вносити заходи що впливають на зміну рівня споживання енергоресурсів, як історичних так і запланованих з очікуваною економією. Ввід даних з лічильників ручний, проте є також можливість підключення автоматичного збору показів, залежно від складової ПЗ (програмна або комплексна).

Для кожної будівлі є можливість ввести загальну інформацію (приналежність до організації та підрозділу, назва та адреса, рік спорудження) та технічну інформацію (загальна та опалювальна площа, об'єм, кількість поверхів, кількість відвідувачів та працівників будівлі, фотогалерея, карта).

За допомогою даної системи ACEM було отримано та проаналізовано покази енергоспоживання будинку за адресою м.Київ, вул. Щербаковського Данила, 52 який зображено на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 – Зовнішній вигляд будівлі

Будинок налічує 20 поверхів, матеріал стін – цегла , введено в експлуатацію в 2010 році, кількість секцій – 4.

По добове споживання теплової енергії на опалення окремого поверху за 2020 наведено на рисунку 3.4.

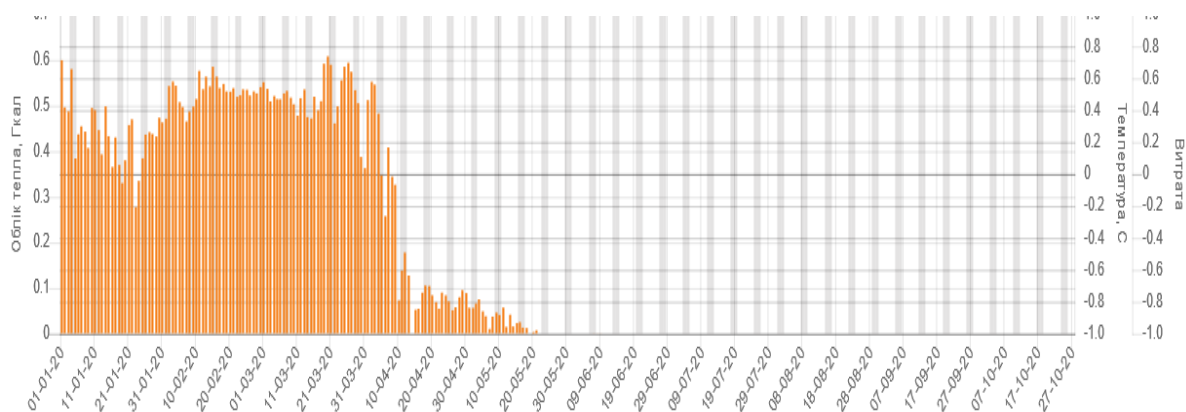


Рисунок 3.4 - По добове споживання теплової енергії на опалення окремого поверху за 2020

Також наявна можливість отримання даних про споживання теплової енергії будинком на опалення за окремий рік, що наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Загально будинкове споживання теплової енергії на опалення за 2019 рік

2019	
Місяць	Гкал
Січень	270,4
Лютий	307,2
Березень	321,2
Квітень	110
Травень	0
Червень	0
Липень	0
Серпень	0
Вересень	0
Жовтень	20,8
Листопад	212,4
Грудень	324,8

Для наочності зобразимо споживання теплової енергії у вигляді графіку що представлений на рисунку 3.5.

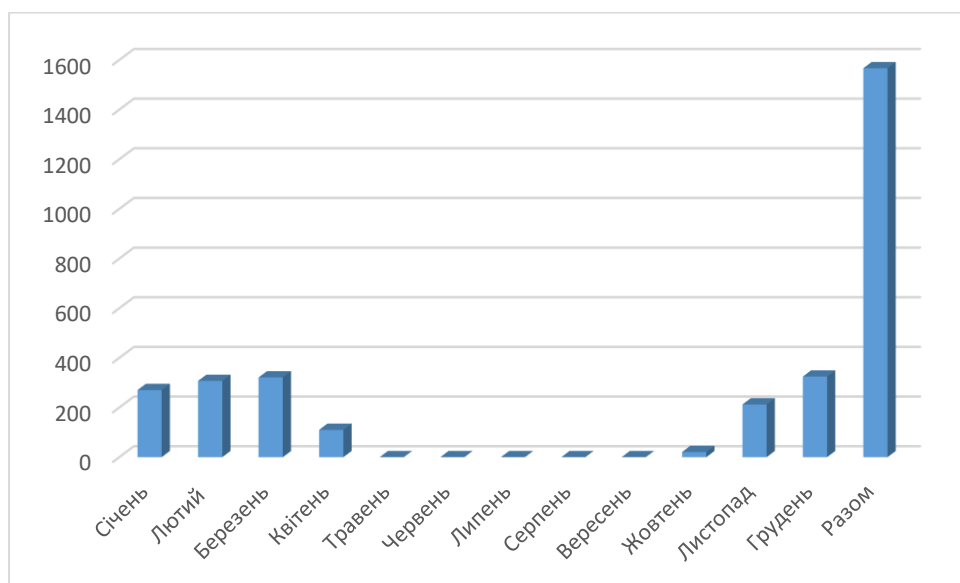


Рисунок 3.5 - Споживання теплової енергії на опалення за 2019 рік

Дивлячись на графік можемо зробити висновок що найхолодніші місяці це січень, грудень і лютий, саме в цей період споживання теплової енергії найбільше, тому що споживання теплової енергії на пряму залежить від погодних умов.

Відсутність даних з травня по вересень зумовлене відсутністю опалення. А відносно мале споживання в жовтні зумовлене теплою погодою і пізнім початком опалювального сезону.

Також в будинку знаходиться ІТП схема якого представлений на рисунку 3.6. відповідно присутні і лічильники типу Supercal 539 з автономним живленням, що встановлені у відповідності всіх норм і правил як з боку норм так і з боку потреб автоматизованої системи енергомоніторингу.

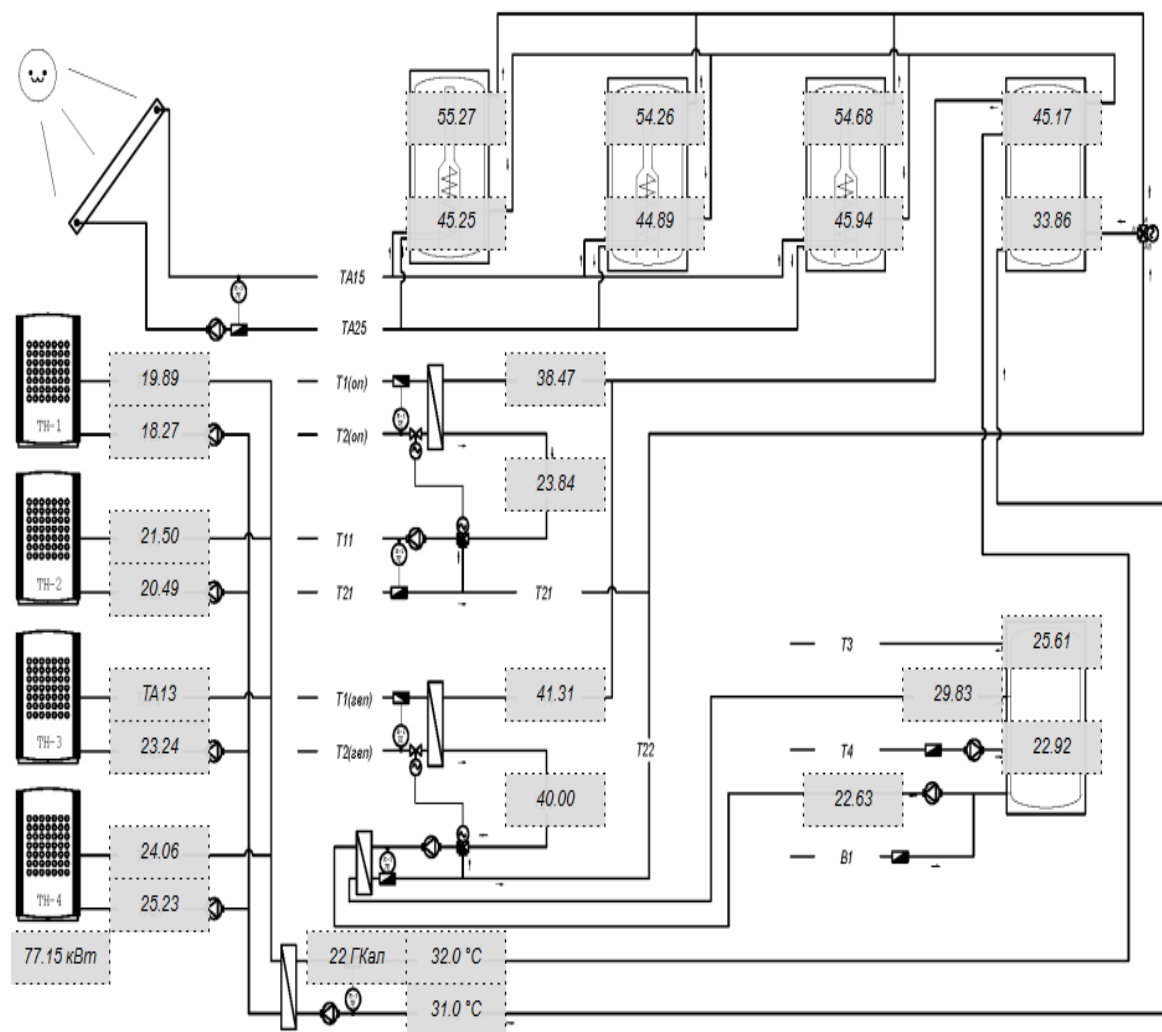


Рисунок 3.6 – Схема ІТП будинку

3.2 Огляд систем та технологій «розумна будівля» для житлових багатоквартирних будинків

Перш ніж перейти до розгляду систем та технологій вважається за необхідним наголосити на важливості того яким саме чином споживачі отримують інформацію за споживання.

Існуючі мережі зв'язку прагнуть до розширення обміну інформацією між комунальними службами, побутовим обладнанням та користувачами. Різноманітна спрямованість і складність існуючих пристроїв зв'язку являють собою складну задачу. Зростаюча тенденція полягає в розвитку двобічного зв'язку з використанням мережі домашньої автоматизації для моніторингу та управління побутовими приладами; де-факто реалізація системи "попит-відповідь". Згідно з, опублікованою Американською радою з енергоефективної економіки [40], деякі з систем з числа нових ініціатив зворотного зв'язку, які роблять енергоресурси видимими для житлових користувачів, досягають максимуму економії, пов'язана зі зворотним зв'язком. Для того, щоб всі системи використовували цю здатність, для них буде потрібне поєднання корисної технології з добре продуманим програмним забезпеченням, які успішно інформують, втягують і мотивують користувачів за допомогою наступних визначальних чинників :

- збір даних: технологія дозволяє збирати всі необхідні дані і забезпечує доступ до них;
- обробка даних: технологія дозволяє обробляти і аналізувати відповідні дані і може об'єднувати їх;
- візуалізація даних: технологія дозволяє зробити відповідні данні доступними для користувачів;
- можливості управління і взаємодії: технологія дозволяє користувачам отримувати доступ до стану і контролювати функції відповідних технологій (двонаправлений зв'язок і взаємодія).

Ці фактори необхідно враховувати при адаптації даних, які повинні надаватися кінцевим користувачам. Зібрані дані можуть бути показані користувачам як:

- прямі зворотні зв'язки, які представляють собою візуалізацію зібраних даних, що зазвичай надаються в режимі реального часу;
- непрямі зворотні зв'язки, які випливають із завдання постобробки і надаються після того, як мало місце використання енергії.

Прямими зворотніми зв'язками є: зворотній зв'язок в режимі реального часу плюс зворотний зв'язок (тобто інформація про рівень енергоспоживання пристрою в режимі реального часу), зворотний зв'язок в режимі реального часу (тобто інформація про рівень енерговикористання приміщення в режимі реального часу), в той час як непрямими зворотними зв'язками є щоденний або щотижневий зворотний зв'язок, тобто інформація і рекомендації по конкретним елементам на щоденній або щотижневій основі, оціночний зворотний зв'язок (тобто зазвичай он-лайнкові енергетичні аудити з інформацією, що надається на постійній основі) і вдосконалена система виставлення рахунків (тобто інформація та рекомендації щодо конкретних елементів) [40]. Рисунок 3.7 показує яка відсоткова частка щорічної економії електроенергії житлових багатоквартирних будівель за способом отримання даних за споживання .

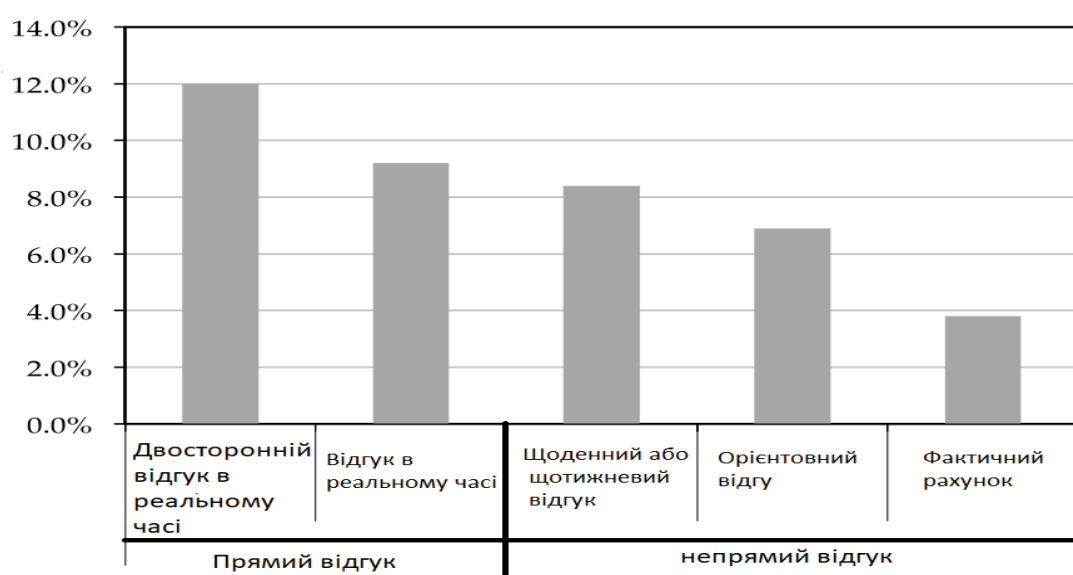


Рисунок 3.7 - Рівень енергозбереження у відсотках в залежності від способу отримання даних за споживання [40]

Дані можуть бути представлені різними способами, наприклад, дані про електроенергію, пікової потужності, вартості, екологічний слід та інші, і їх можна порівняти з контрольними показниками і історичними тенденціями, але для того, щоб ці данні були ефективними, зворотній зв'язок з кінцевими користувачами повинна бути:

— Прямим: чим безпосередкований зворотній зв'язок, тим вони ефективніші, але вимагає певної міри знання і практичних навичок від користувачів;

— Персоналізований: спосіб представлення даних налаштовується відповідно до потреб кінцевих користувачів;

— Порівняльним: кінцеві користувачі можуть порівнювати фактичне споживання електроенергії з контрольними показниками, а також з історичними даними;

— Гнучким: технологія зворотного зв'язку повинна постійно вдосконалюватися у відповідь на пропозиції та запити користувачів.

Далі представлені, зіставлені і описані найбільш актуальні технологічні пристрої та інтегроване програмне забезпечення або програми, доступні сьогодні на ринку для поліпшення взаємодії між користувачами, побутовими приладами та будинком.

Найбільш актуальні технології для "розумних будинків", що представлені у цій частині, були згруповані за такими ознаками до наступних чотирьох категорій:

1. Інтегрована бездротова технологія (Innovative Wireless Technologies - IWT);
2. Система управління домашньої енергією (Home Energy Management System - HEMS);
3. Розумні домашні мікрокомп'ютери (Smart Home Micro-Computers - SHMC);
4. Домашня автоматизація (Smart Home Systems/Home Automation- SHS / HA).

У таблиці 3.2 зібрані і організовані всі аналізовані технології, системи і продукти.

Таблиця 3.2 - Співставлення технологій для "Розумного будинку"

Система та технологія	Компанія	Країна	Автоматизація			Візуалізація			Бездротовий протокол							Комерційна доступність		Модель доступності джерела	
			Ув. Вимк.																
			ПДК	РЛ	Д	ПВ	ПК	Пр	ZB	ZW	BT	RFID	GSM	IN	Wi-Fi	Інші	Веб	Вироб.	Відкр.
IWT	6LoWPAN	Міжнародна	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	✓	-	✓
	Bluetooth	Швеція	-	-	✓	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓
	DASH7	Європа	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	✓	-	✓
	EnOcean Technology	Міжнародна	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	-
	GSM	Міжнародна	-	-	✓	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	✓	-	✓
	MyriaNed	Нідерланди	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	✓	-	✓
	NeurFon™ Netform	Міжнародна	-	-	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	✓	-	✓
	RFID	Міжнародна	-	-	✓	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	✓	-	✓
	UWB	Міжнародна	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	✓	-	✓
Wifi	США	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	✓	✓	✓	✓	
Z-wave	Міжнародна	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	
ZigBee	США	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	
HEMS	CISCO	США	-	✓	✓	✓	-	-	✓	-	-	-	-	-	✓	-	✓	✓	✓
	DigitalSTROM	Німеччина	✓	✓	✓	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	✓	-	✓	✓	✓
	Dreamwatts	Міжнародна	-	✓	✓	-	✓	✓	-	-	-	-	-	-	✓	-	✓	-	✓
	e-GOTHAM	Європа	-	✓	✓	-	-	-	✓	-	✓	-	-	-	-	-	✓	✓	-
	EmonCMS	Міжнародна	-	✓	✓	✓	-	-	✓	-	-	-	-	-	✓	-	✓	✓	-
	Energy Team	Італія	-	✓	✓	✓	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	✓	✓	✓
	Google PowerMeter	США	-	✓	-	✓	-	-	✓	-	-	-	-	-	✓	-	✓	-	✓
	Savant	США	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓	✓
	SMARTHEMS™	Японія	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	✓	✓	-
The Energy Navigator	Німеччина	✓	✓	✓	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	✓	-	✓	✓	✓	
SHMC	Arduino	Італія	-	-	✓	-	✓	-	✓	-	-	-	-	-	✓	-	-	✓	✓
	Banana Pi	Велика Британія	-	-	✓	-	✓	-	✓	-	-	-	-	-	✓	-	-	✓	✓
	BeagleBone	США	-	-	✓	-	✓	-	✓	-	-	-	-	-	✓	-	-	✓	✓
	Raspberry Pi	Велика Британія	-	-	✓	-	✓	-	✓	-	-	-	-	-	✓	-	-	✓	✓
	Libelium Waspnote	Іспанія	-	-	✓	-	✓	-	✓	-	-	-	-	-	✓	✓	-	✓	✓
SHS/HA	British Gas	Велика Британія	-	✓	-	-	✓	✓	-	-	-	-	✓	-	-	-	✓	✓	-
	Control4	США	✓	-	✓	-	✓	✓	✓	-	✓	-	-	✓	-	✓	✓	-	✓
	Creston	США	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	-
	GE Brillion Technology	США	✓	-	-	-	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓	-
	HomeSeer HS3	-	-	-	-	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	-	-

Опис до скорочень в табл. 3.2 наступних пунктів: «Автоматизація» - його можна вимкнути (Вимк) або увімкнути (Ув) в останньому випадку також повідомляється, якщо автоматизацію активують пульт дистанційного керування (ПДК), розумний лічильник (РЛ) або давач (Д); «Візуалізація» відгуків користувачів: інформаційна панель або пристрій відображення (ПВ), фізичний компонент (ПК), програма (Пр); Прийнятий бездротовий протокол: «ZigBee» (ZB), «Bluetooth» (BT), «Z-Wave» (ZW), ідентифікація радіочастот (RFID), «Global System Mobile» (GSM / GPRS), «Insteon» (IN), «Wi-Fi» та інші; Комерційна доступність товару: на веб-сайті (Веб) або від виробника (Вироб.), модель доступності джерела: це відкрите (Відкр.) або закрите (Закр.) джерело. Символ (✓) означає, що присутня в системі або технології, тоді як (-) означає, що не присутній.

Інтегровані бездротові технології.

Декілька досліджень, присвячених інформаційно-комунікаційним технологіям для інтелектуальних мереж та "розумних будинків" можна знайти в літературі [41, 42]. Де представлено кілька варіантів бездротового зв'язку. У них обговорюються основні проблеми кожної безпроводної технології. Інтегровані бездротові технології представляють собою засіб зв'язку, який зазвичай використовується в офісному будівництві, приватному будинку або будь-якому іншому житловому приміщенні для забезпечення внутрішніх та зовнішніх ближніх зв'язків у рамках технологій "розумного будинку". Часто не інтегрованим бездротовим технологіям віддають перевагу, а провідним технологіям. Використання дротових рішень, було б економічно та / або фізично не можливе для багатьох додатків «розумних мереж» та «розумних будинків».

Замість цього бездротові технології дають такі переваги, як більш низька вартість обладнання та встановлення, швидке розгортання, широкий доступ і велика гнучкість. Крім того, системи Інтегрованих бездротових технологій можуть бути реалізовані за допомогою графічного інтерфейсу користувача для віддаленого моніторингу та управління побутовими приладами та обладнанням. Це дозволяє здійснювати інтеграцію і зв'язок всередині домашніх систем управління енергією, в той час інтегровані бездротові технології також мають деякі недоліки при інтеграції в "розумну" мережу. В даний час вони не включають в себе місцеві системи виробництва відновлюваної енергії, такі як фотоелектричні панелі. Далі в цьому розділі обговорюються і порівнюються найбільш використовувані технології бездротового зв'язку і мережеві протоколи для систем «розумна будівля» (Таблиця 3.3).

На рис. 3.8 показана архітектура "розумного будинку". Вона включає сервер / шлюз / маршрутизатор в якості підключення всередині будинку і до розумної мережі. Вони можуть встановлюватися за допомогою однієї або комбінації доступних зовнішніх мереж, таких як телефонні лінії, цифрові абонентські лінії, кабельні мережі та мережі електроживлення.



Рисунок 3.8 - Високорівнева архітектура "розумного будинку"

Таблиця 3.3 - Порівняння різних інтегрованих бездротових технологій.

Бездротова технологія	Опис та основні характеристики	Максимальна швидкість передачі	Дистанція передачі	Стандарт	Підтримка Інтернет-протоколу (IP)	Швидкість прийняття	Сильні сторони
6LoWPAN	(1) Повна назва - IPv6 для бездротових персональних мереж низької потужності; 2) Це мережева технологія, яка дозволяє ефективно передавати пакети IPv6 в невеликих фреймах канального рівня, таких як ті, що визначені IEEE 802.15.4; 3) Це дозволяє IEEE 802.15.4 (підкомітет IEEE * для низькошвидкісного (WPAN) та IPv6 працювати разом, щоб досягти мереж малих пристроїв із низьким енергоспоживанням із підтримкою IP, включаючи датчики, контролери та ін; 4) Стандарт IETF REC 4944 описує механізм поєднання технологій IP та WPAN	250 кбіт/с, 2.4 ГГц; 40 кбіт/с, 915 МГц; 20 кбіт/с, 868 МГц;	до 200 метрів	IETF REC 4944; IEEE 802.15.4	IPv6	Середня	(1) Переваги як IP, так і Bluetooth; (2) Низьке споживання енергії
Bluetooth	1) Використовується для обміну даними на короткі відстані; 2) в ньому використовується короткохвильова радіопередача в промисловому, та медичному діапазоні (ISM) (2400-2480 МГц) 3) Його основними особливостями є низьке споживання енергії та швидкий обмін даними, а також широка доступність	721 кбіт/с для v1; 2.1 МБ/с, для v2.0; 24 МБ/с, для v3.0; 25 МБ/с, для v4;	Приблизно 10 метрів	IEEE 802.15.1	-	Дуже висока	(1) Простота доступу; (2) Не вимагає конфігурації; Безпечне з'єднання
DASH7	1) Протокол бездротової мережі з відкритим кодом для датчиків і виконавчих механізмів, який працює в неліцензованому діапазоні ISM / SRD 433 МГц, та 915 МГц: він забезпечує багаторічний термін служби акумулятора; 2) Діапазон до 2 км; 3) У нього низька затримка для зв'язку з рухомими об'єктами 4) Він має дуже малий стек протоколів з відкритим кодом 5) Він підтримує 128-бітну підтримку шифрування спільних ключів AES 6) має передачу даних до 167 кбіт / с; 7) DASH7 Alliance Protocol - це назва технології, яку просуває некомерційний консорціум під назвою DASH7 Alliance	200 кбіт/с	0-500 метрів 0.3-1 км	ISO/IEC 18000-7	Так	Середня	(1) Проникає в бетон і воду; 2) Він передає і приймає на дуже великих діапазонах, не вимагаючи великого заряду енергії на батареї

Продовження таблиці 3.3

Бездротова технологія	Опис та основні характеристики	Максимальна швидкість передачі	Дистанція передачі	Стандарт	Підтримка Інтернет-протоколу (IP)	Швидкість прийняття	Сильні сторони
UWB	1) Має велику відопість як внутрішній високошвидкісний бездротовий зв'язок короткого радіусу дії; 2) Однією з найцікавіших характеристик є те, що його пропускна здатність перевищує 110 Мбіт / с (до 480 Мбіт / с), що може задовольнити більшість мультимедійних програм, таких як передача аудіо та відео в домашній мережі; 3) Він також може виступати в ролі бездротової заміни кабелю високошвидкісної послідовної шини, такої як USB 2.0 та IEEE 1394	100 Мб/с	10 метрів	802.15.3a	Так	Середня	1) Швидкодія на короткій відстані 2) Гропуксна здатність задовольняє більшість мультимедійних додатків
	1) Це дуже популярна технологія, що використовується в системі домашніх автоматизацій, мобільних телефонах, персональних комп'ютерах та багатьох інших електронних пристроях; 2) Головною його особливістю є існуюча широка підтримка: майже кожен новий електронний пристрій, будь то персональний комп'ютер, ноутбук, ігрова консоль чи периферійний пристрій, має вбудовану технологію Wi-Fi; 3) Це, як правило, протокол верхнього рівня, де IP-протокол є найбільш переважачим протоколом, що дозволяє спілкуватися через Інтернет.	300 Мб/с	100 метрів	IEEE 802.11	IPv6	Дуже висока	Високий стандарт швидкості
WLAN	1) Бездротова локальна мережа (WLAN) використовує технологію розширеного спектру, завдяки чому користувачі можуть займати однакові смуги частот, створюючи мінімальні перешкоди один одному; 2) Також відомий як Wireless Ethernet, він здатний забезпечити надійний зв'язок з низькою затримкою, здатний передавати дані від точки до точки, а також передачі від точки до різних точок.	150 Мб/с	250 метрів	IEEE 802.11	IPv6	Дуже висока	Слабкий інтерфейс

Продовження таблиці 3.3

Бездротова технологія	Опис та основні характеристики	Максимальна швидкість передачі	Дистанція передачі	Стандарт	Підтримка Інтернет-протоколу (IP)	Швидкість прийняття	Сильні сторони
Z-Wave	1) Це власний стандарт, призначений виключно для програм дистанційного керування в житлових та ділових зонах; 2) Цей протокол працює на частоті 868 МГц у Європі та діапазоні ISM 908 МГц у США; 3) Діапазон простягається до 100 м на відкритому повітрі; 4) Мережа використовується в Z-Wave, що по суті означає необмежений діапазон; 5) Основними перевагами цієї технології є проста командна структура, відсутність втручання в побут, середовище керування низькими частотами та підтримка IP	100 Кб/с	30 м в приміщенні 100 м на відкритій місцевості	Власний	Так	Середня	Відсутність перешкод від побутових пристроїв
ZigBee	1) Дуже ефективна та економічно дешева; 2) Вона пропонує низьку швидкість передачі даних для персональних мереж (PAN); 3) Її можна широко використовувати для управління пристроями, надійного обміну повідомленнями, автоматизації будівель, побутової електроніки, дистанційного моніторингу.	250 Кб/с (2.4 ГГц); 40 Кб/с (915 МГц);	10-75 м	IEEE 802.15.4	IPv6 тільки для SEP2	Середня	Низька вартість, низьке споживання енергії, велика кількість вузлів

Домашня система управління енергією (HEMS)

Розробка домашньої системи управління енергією (HEMS) почалася в зв'язку з нестачею енергії та наслідками глобального потепління. З моменту її першого застосування в 1976 р [43] вона стала однією з найбільш популярних тем для досліджень. Система HEMS дозволяє автоматично управляти і контролювати енергоспоживання будівлі і допомагає знизити піковий попит на електроенергію і рахунки користувачів за енергоспоживання.

В "розумних мережах" використання систем управління енергією стало пріоритетом при розподілі електроенергії на місцях енергії, що виробляється споживачами відповідно до цін на енергію, які регулюються добовими тарифами. Майбутня тенденція може полягати у використанні специфічних погодинних тарифів, тобто ціни в реальному часі, часу використання, похилі квартальні тарифи, критичні пікові ціни та інші.

Якщо використовувати цей метод, то домашня система управління енергією збільшить кількість можливостей, які могли б мешканці використовувати для виконання щоденних завдань, таких як перегляд даних про споживання енергії, управління термостатами та індивідуальною побутовою технікою, розглядати поради щодо економії енергії, керувати профілем для участі у програмах реагування на попит, а також переглядати власні рахунки та

платіжну інформацію. Відповідно до LaMarche та співавтори [44] та Green Tech Media [45], усі типи систем, доступні для житлових будинків на ринку можна розділити за трьома категоріями (пристрої управління, графічні інтерфейси користувача та за активацією технології), які включають основні аспекти, узагальнені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Опис та можливості систем HEMS (home energy management system)

Категорія	Технологія	Опис	Приклади
Пристрої управління	Централізована	Дозволяє "спілкуватися" з багатьма побутовими приладами.	<ul style="list-style-type: none"> Системи домашньої автоматизації (НА);
		Користувачі можуть керувати ними з одного місця і часто за допомогою декількох входів.	<ul style="list-style-type: none"> Системи управління освітленням для дому; Системи безпеки
	Пристрій	Користувач може керувати одним пристроєм або функцією та автономним управлінням.	<ul style="list-style-type: none"> Контроль освітлення з датчиками руху, диммерами, пультами дистанційного керування, планування; Термостати; Розумні вилки; Розумні розетки
		На приладі (автоматизовано на рівні приладу)	<ul style="list-style-type: none"> Розумні прилади, які реагують на мережу; Управління живленням техніки; Розумні лампочки
Графічний інтерфейс користувача	Домашній дисплей	Автономно в домашньому дисплеї; часто переносні	<ul style="list-style-type: none"> Багато Домашніх Дисплеїв на ринку мають сумісні веб-панелі управління або можуть підключатися до сторонньої програми;
	Веб-інформаційна панель / веб-портал	Інтернет-інтерфейс, доступний з будь-якого пристрою з підтримкою Інтернету	<ul style="list-style-type: none"> Утиліти, що впроваджують розумні лічильники, часто надають веб-панелі інструментів
	Смартфон Додаток	Інтерфейси для пристроїв iPhone, телефонів на базі Android та інших	<ul style="list-style-type: none"> Поточні продукти зазвичай витягують інформацію з домашнього енергоіндикатора та виводять оброблені дані;

Продовження таблиці 3.4

Категорія	Технологія	Опис	Приклади
Графічний інтерфейс користуча	Різні (наприклад Телевізор)		<ul style="list-style-type: none"> Мультимедійні підходи включають комбінації зворотного зв'язку дисплея / Інтернету / телефону
	Сенсори	Фіксація динамічних змінних у домашньому середовищі	<ul style="list-style-type: none"> Розумні лічильники; Датчики температури; Датчики заповнення
Технології вмикання	Сповіщення	Фізичні пристрої, необхідні для підтримки мережі	<ul style="list-style-type: none"> Шлюзи; Подовжувачі дальності; Домашні мережі
	Протокол зв'язку	Стандарти, що дозволяють "спілкуватись" окремим вузлам у мережі	<ul style="list-style-type: none"> Insteon; Z-wave; ZigBee; Інші

Переваги систем HEMS:

- збільшення економії як для користувачів, так і для постачальників комунальних послуг;
- зменшене співвідношення пікових і середніх величин навантаження;
- вони можуть включати місцеве виробництво енергії з відновлюваних джерел;
- вони дозволяють включити домашнє господарство в системний контекст в якості окремої місцевої мережі і дозволяють можливість підключення до зовнішнього світу, тобто створити розумну мережу;
- вони дозволяють проводити історичні порівняння домашнього енергоспоживання.

Використання централізованої функції управління для інтерфейсу користувача, що включає в себе управління для використання пристроїв, рекомендується, і було б корисно навчити кінцевих користувачів, як використовувати інтегровані автоматизовані системи управління, щоб уникнути автоматизації, про яку кінцеві користувачі не знають - для правильної роботи. Проте, необхідно буде розробити індивідуальний користувацький інтерфейс для

HEMS для роботи в "розумних будинках", система HEMS дозволить використовувати енергію, що виробляється на місці, інтеграцію зберігання енергії і ефективного підключення до "розумної" мережі. Порівняння проаналізованих HEMS доступних на ринку, представлені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 - Порівняння проаналізованих систем HEMS

Назва	Основні риси	Сильні сторони	Слабкі сторони
DigitalSTROM	Це система, яка підключає всі домашні електронні пристрої через існуючі лінії електропередач. Вона включає систему управління та розумне вимірювання.	1) Система працює з використанням існуючих ліній електропередач будинку; 2) Компоненти системи в основному невидимі, і їх можна застосовувати на будь-якому обладнанні будинку, що працює з електрикою; 3) Є багато програм сумісних	(1) Система добре працює лише зі спеціальними програмами; (2) Система не може використовуватися для управління енергією житлового комплексу
Dreamwatts®	Система з веб розташуванням може працювати з HEMS для моніторингу та контролю використання енергії	1) Система є відкритою і доступна звідусіль; 2) Система допомагає продемонструвати важливість доступу до енергетичної інформації; 3) Система має зручний інтерфейс, низьку вартість системи контролю та управління; 4) Це забезпечує найнижчу вартість, забезпечує управління будь-яким продуктом, що є на ринку	Система є інструментом моніторингу енергії, який не допускає будь-яких змін з боку користувачів
e-GOTHAM	Це відкрита система інтелектуальної мережі, яка дозволяє користувачам керувати компонентами в мікромережі та працювати у співпраці із загальною інтелектуальною мережею	(1) Система має кілька локальних контролерів; (2) Вона пропонує спілкування між виробниками, користувачами, загальну інформаційну модель, бази даних та алгоритми для координації роботи приладів за допомогою програм користувачів.	(1) Система була протестована лише у великій лабораторії, що розташована , для діяльності Smart Grid у громаді Штайнк'єра (Норвегія); (2) Система повинна стати більш гнучкою та масштабованою, щоб її можна було використовувати в промисловому або приватному секторі
EmonCMS	Це безкоштовний додаток для обробки, реєстрації та візуалізації даних про енергію, температуру та навколишнє середовище	1) Користувачі можуть мати повний контроль над даними про енергію; 2) Додаток можна встановити на приватному сервері 3) Вхідна обробка дозволяє конвертувати та обробляти перед зберіганням. Існує більше 23 різних вхідних процесів, від простого калібрування до даних потужності, і їх можна представити у вигляді гістограм; 4) Масштабування великого набору даних, порівняння декількох наборів даних за допомогою конструктора візуалізації з декількох графіків; 5) Система може бути встановлена безпосередньо користувачами	Система не дозволяє будь-яке дистанційне керування для управління енергією будинку, а також створювати графік користувачів для встановлення часу включення / виключення домашнього обладнання

Продовження таблиці 3.5

Назва	Основні риси	Сильні сторони	Слабкі сторони
Energy Team's Energy Data Collector Tool	(1) Інструмент складається з - системи та аналізу даних; та - шлюзу для збору, зберігання та надсилання даних на сервер; (2) Він візуалізує споживання енергії через веб-додаток	(1) Вона може управляти сотнями датчиків аж до 1600 (2) Пряме підключення Wi-Fi до пристрою, навіть якщо немає доступних веб-платформ; (3) веб-додаток на HTML 5, оптимізований для мобільних пристроїв, який автоматично адаптується до використовуваного обладнання; (4) 8 ГБ локальної пам'яті	1) Система є інструментом моніторингу енергії, який не допускає прямих змін з боку користувачів; 2) Розвиток компонентів, на даний час спрямована для промислового застосування, а не для домашньої установки; 3) Сенсорний екран недоступний для користувача
Google PowerMeter	Це програма для енергомоніторингу, що включає візуалізацію використання енергії, можливість обміну інформацією та поради щодо економії енергії	(1) Система є відкритою і доступна звідусіль; (2) Система допомагає продемонструвати важливість доступу до енергетичної інформації; (3) Система дозволяє персоналізувати рекомендації з метою енергозбереження	(1) Система є інструментом енергомоніторингу, який не допускає будь-яких змін з боку користувачів; (2) Система потребує більшого розвитку
Savant	Savant HEMS дозволяє встановлювати та контролювати споживання енергії будинку за допомогою графічного інтерфейсу на електронних пристроях	(1) Система дозволяє користувачам контролювати споживання та виробництво енергії в режимі реального часу, включаючи історичні дані багатьох пристроїв управління енергією; (2) Користувачі можуть зменшити споживання енергії та витрати, контролюючи, як і коли певні пристрої використовують електроенергію, особливо під час пікових цін або навантажень	(1) Ця система вимагає професійного встановлення; (2) Компанія не пропонує технічну підтримку будь-якого виду
SMARTHEMS™	Panasonic розробив власний HEMS. Він використовує штучний інтелект та розумний енергетичний шлюз (AISEG) для управління обладнанням для виробництва, зберігання та енергозбереження	(1) Система дозволяє сприяти заощадженню енергії шляхом візуалізації використання енергії. Це робить потік енергії по всьому будинку видимим, обмінюючись інформацією з побутовою технікою; (2) За допомогою смартфона, телевізора та іншого обладнання мешканці можуть перевірити енергію, яку використовує кожен побутовий прилад і в кожній кімнаті	Система ще не може бути інтегрована в розумну мережу

Smart Home Micro-Computers (SHMC) – як можлива складова «Розумного будинку».

Мікрокомп'ютери «Розумний будинок» (SHMC) - це невеликі комп'ютери, які підключаються до інших пристроїв для автоматизації та управління всією системою "розумного будинку". Вони складаються з мікроконтролера з додатковими компонентами, які полегшують програмування і інтеграцію в інші схеми. Важливим аспектом є їх стандартні роз'єми, що дозволяє підключати користувачів до плати центрального процесора (CPU) та до різних взаємозамінних додаткових модулів. Вони дозволяють користувачам створювати інтерактивні проекти та програми з середовищем, за допомогою роз'ємів які є досить універсальні та використовувати входи від багатьох датчиків і впливати на їх функціонування, керуючи освітленням або іншими виконавчими механізмами. Сильні і слабкі сторони кожного SHMC коротко викладено в таблиці 3.6.

Системи домашньої автоматизації HAS (Home Automation Systems)

Домашня автоматизація (НА) забезпечує інтелектуальний інтерфейс, який контролює та вивчає звички користувачів і може передбачити та оптимізувати їх дії. Система домашньої автоматизації може зробити життя простішим та комфортнішим або забезпечити певну економію за рахунок енергоефективності шляхом віддаленої взаємодії з користувачами [46].

Система домашньої автоматизації забезпечує частину системи управління розумним будинком. Однак така система може бути поєднана з неавтоматизованими пристроями для взаємодії з користувачем. Наприклад, використовуючи лише НА системи не нададуть користувачам можливості регулювати споживання енергії. Але за умови, що зворотній зв'язок надається кінцевим споживачам на основі контрольної діяльності, що виконується в рамках системи автоматизації розумним будинком . Така технологія цілком може бути включена в інтелектуальну систему, яка заощаджує енергію та покращує тепловий та загальний комфорт у домі завдяки впровадженню як короткострокових, так і довгострокових показників теплового та зорового норм контролю [47]. Деякі з

найбільш прийнятих систем домашньої автоматизації що доступні на ринку описані в таблиці 3.7.

Таблиця 3.6 - Сильні та слабкі сторони аналізованих SHMC

Назва	Основні риси	Сильні сторони	Слабкі сторони
Arduino	(1) Це електронна платформа з відкритим кодом, оснащена апаратним та програмним забезпеченням; (2) Вона відчуває навколишнє середовище, приймаючи входи багатьох датчиків, і впливає на навколишнє середовище, керуючи освітленням, двигунами та іншими приводами	(1) Висока гнучкість і сумісність з різними видами датчиків; (2) Орієнтований для тих, хто робить інтерактивні проекти	(1) Усі ці системи вимагають від користувача певного технічного досвіду та знань основ електроніки;
Banana Pi	(1) Це одноплатний комп'ютер; (2) Він може служити платформою для створення багатьох додатків для різних цілей	(1) Орієнтована на низьку вартість, невеликий та досить гнучкий комп'ютер для повсякденного життя; (2) Він побудований з двоядерним процесором ARM Cortex-A7 та графічним процесором Mali400MP2 та програмним забезпеченням з відкритим кодом; (3) Більшість типових аксесуарів для розширень, включаючи РК-панель, сенсорний екран, модуль камери, консоль UART та штифти управління GPIO, доступні через вбудовані роз'єми та роз'єми Banana Pi	(2) Це також вимагає часу, щоб навчитися та стати фахівцем у його складанні та використанні. Однак багато підручників та детальна інформація про їх складання та використання є безкоштовними в режимі онлайн; (3) Іншим бар'єром є їх комерційна ціна, яка також може сягати тисяч євро
BeagleBone Black	(1) Це відкритий апаратний мікро-комп'ютер, схожий на Raspberry Pi, так і на Banana Pi; (2) Він має процесор M3 Cortex-A8. Він оснащений Ubuntu та Android; (3) Це відкритий апаратний, вбудований комп'ютер, що підтримується спільнотою, для розробників та любителів	(1) Висока гнучкість і сумісність з різними видами датчиків; (2) Призначений для тих, хто робить інтерактивні проекти	
Raspberry Pi	Це невеликий комп'ютер розміром з кредитну картку, який дозволяє розробляти електронні проекти	(1) Можливість взаємодії із зовнішнім світом і використовувалася в широкому спектрі проектів цифрових виробників, починаючи від музичних машин та детекторів, закінчуючи метеостанціями (2) Може використовуватися людьми різного віку; (3) Його застосування полягає у використанні людьми різного віку для вивчення обчислювальної техніки та вивчення того, як програмувати на таких мовах, як Scratch та Python, і як маніпулювати електронним світом навколо нас	
Libelium Waspnote	(1) Це вдосконалений механізм для бездротових сенсорних мереж (WSN); (2) Вона дозволяє повністю контролювати апаратні пристрої. Його можна підключити до будь-якого датчика	(1) Він міцний і водонепроникний; (2) Він підтримує наступні протоколи: ZigBee, Wi-Fi, LoRaWAN, LoRa, Sigfox; (3) Він має графічний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс програмування	

(НА)

Таблиця 3.7 - Особливості, сильні та слабкі сторони аналізованих систем

Назва	Основні риси	Сильні сторони	Слабкі сторони
General Electric Brillion Technology	Вона дозволяє користувачеві взаємодіяти зі своєю розумною побутовою технікою за допомогою смартфонів	Вона дозволяє користувачеві контролювати прилади в будь-який час і в будь-якому місці за допомогою програми для смартфона	(1) Вона працює лише з приладами General Electric; (2) Закрита для доповнень з боку користувача
HomeSeer HS3	Це домашня система НА, порівняно проста у використанні, але на її освоєння потрібен час. Вона дуже сумісна з різноманітними технологіями домашнього управління, а також забезпечує широкий спектр сумісності програмного забезпечення	(1) Сумісна з низкою інших систем та програм; (2) Інтернет-магазин доступний; (3) Вона сумісний з найпопулярнішими операційними системами; (4) Програмне забезпечення дає вам можливість створювати прості або складні програми, які допоможуть вам отримати рівень налаштування, який ви бажаєте для вашого розумного будинку. Ці програми можуть активуватися автоматично, вручну і навіть за допомогою голосового управління; (5) Вона пропонує потужну підтримку клієнтів, таку як відеоуроки, телефонна підтримка та чат, а також посібник користувача та Інтернет-базу знань та активний форум спільноти; (6) Система працює також без підключення до Інтернету	(1) Вона не пропонує передплату на моніторинг домашньої безпеки; (2) Про версія вимагає додаткової оплати; (3) Вона не підтримує технології керування Bluetooth, KNX та ZigBee
Honda Smart Home US	Це апаратна та програмна система, яка моніторить, контролює та оптимізує виробництво та використання електричної енергії в домашній мікромережі	(1) Система зберігає сонячну енергію, вироблену вдень, для використання у нічний час, коли побутовий попит, як правило, досягає піку, і електромобілі зазвичай заряджаються; (2) Можливість "нагляд" мережі, щоб забезпечити використання енергії з ВДЕ енергії в найбільш ефективні моменти часу; (3) Сонячна енергія та електромобілі, що підключаються, можуть об'єднати зусилля, щоб забезпечити нульове вуглецеве життя	Вона не сумісна з іншими системами інтелектуальних технологій
iHome or Apple HomeKit	Вона має близько п'яти десятків аксесуарів з різним функціоналом які використовують голосове керування через головний пристрій	(1) Вона використовує місце розташування та дані руху від пристроїв, що використовують GPS-технологію, для передбачення майбутніх дій мешканців, забезпечуючи розумну реакцію; (2) Пристрій центрального концентратора дозволяє підключати всю побутову техніку	(1) Доступна на ринку з недовгою тому не повністю освоєна користувачами; (2) Вона працює лише з приладами Whirlpool; (3) Має закрити доступ для доповнень з боку користувачів

В даний час тенденція по використанню системи домашньої автоматизації (НА) в реаліях економічної та соціальної складових, не є оптимістичною. Проте можна виділити окрему ланку як автоматизовані прилади та пристрої, які підключаються через мережу Wi-Fi до мобільного пристрою або до самого мікрокомп'ютер Smart Home (SHMC) з найрізноманітнішими операційними системами з можливістю взаємодії як окремо так і спільно.

Беручи до уваги перераховані вище переваги і недоліки безлічі існуючих програмних і апаратних забезпечень, а також систем управління комунікаціями для «Розумних будинків», доступні в даний час на ринку. З огляду на переваги і недоліки систем, було запропоновано використання мікрокомп'ютера Smart Home Raspberry Pi , що зображений на рис. 3.9, в поєднанні з існуючою системою (АСЕМ) «Автоматизована система енергомоніторингу», яка забезпечує автоматизований облік енергоресурсів на основі даних, отриманих безпосередньо від вузлів обліку тепла, електроенергії, холодної води, а також збір інформації про аварійні сигнали і температуру повітря всередині приміщень. Завдяки даній інформації, з урахуванням можливості великої адаптації мікрокомп'ютера Smart Home Raspberry Pi, можлива реалізація програмного забезпечення завдяки якій зібрані дані системою «АСЕМ» будуть оброблятися в реальному часі і доступні для відображення даних в реальному часі не тільки на базі веб-технологій а й через додаток, що дасть можливість двостороннього зворотного зв'язку в реальному часі отримуючи від користувача через додаток і повертаючи у вигляді інформаційних повідомлень або даних. З огляду на дослідження Karen Ehrhardt-Martinez в роботі «Advanced Metering Initiatives and Residential Feedback Programs: A Meta-Review for Household Electricity-Saving Opportunities» можна зробити припущення що річне енергозбереження збільшиться до 12% як мінімум.

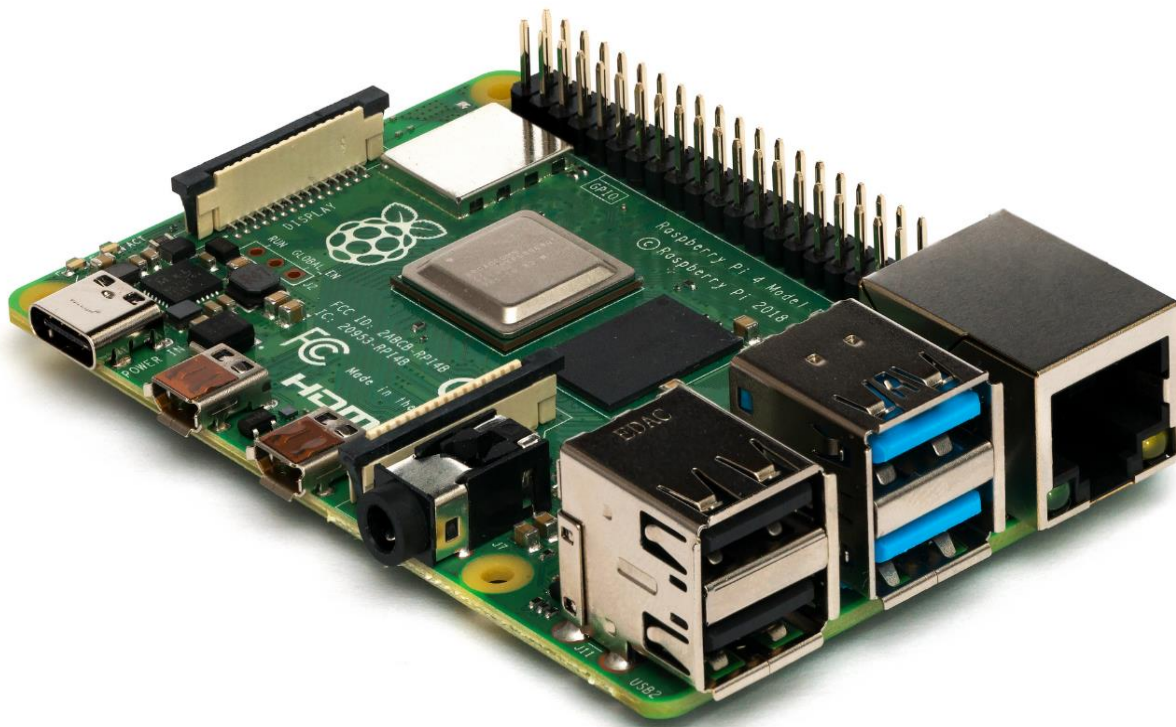


Рисунок 3.9 - Загальний вигляд мікрокомп'ютера Smart Home Raspberry Pi

Загальні характеристики мікрокомп'ютера наведені в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 - Загальні Характеристики мікрокомп'ютера Smart Home Raspberry Pi

Версія	400
Дата початку продаж	Листопад 2020
Процесор	Broadcom BCM2711 ARM Cortex-A72 x64
Частота	1,8 ГГц
Кількість ядер	4
Оперативна пам'ять	4 ГБ
USB порти	2 × USB 3.0 та 1 × USB 2.0 порти типу A
Ethernet	Наявний
Wi-Fi	2,4 ГГц та 5,0 ГГц IEEE 802.11b/g/n/ac
Bluetooth	5.0, BLE
Ціна	70-100 \$

3.3 Прогнозування енергоспоживання житлової будівлі за допомогою моделі ARIMA в програмному забезпеченні EViews 3.1.

Методи прогнозування.

Перш ніж перейти до обговорення застосувань прогнозу погоди, генерації та навантаження в енергоменеджменті житлових багатоквартирних будинків, вважається необхідним представити та порівняти особливості найпоширеніших груп методів прогнозування, що використовуються в літературі та на практиці. Загалом, прогнозування можна класифікувати на статистичні, машинне навчання та фізичні методи. Гібриди не рідкість, оскільки кожна група містить особливості, які можуть доповнювати одне одного та покращувати якість прогнозування.

Статистичні підходи прості в застосуванні, демонструють високу швидкість моделювання і вимагають низької обчислювальної потужності. Однак вони стикаються з труднощами при спробі інтерпретації нелінійних відносин і в значній мірі покладаються на послідовні історичні дані.

Машинні методи навчання розглядаються як альтернатива, здатна захоплювати нелінійні відносини без ручної оцінки параметрів. Проте, складність таких алгоритмів висока, а залежність від надійних і великих обсягів архівних даних все ще присутня.

Фізичні методи прогнозування намагаються проаналізувати основні принципи, які регулюють систему, замість того, щоб намагатися "вгадати" ... відносини "вхід-вихід". Параметризація фізичних моделей являє собою проблему, і в багатьох випадках необхідно провести оцінку в залежності від наявності входів і необхідної складності.

Короткий опис особливостей різних груп прогнозування підходи і найбільш часто використовувані приклади, знайдені в літературі, пов'язана з управлінням енергією будівель можна побачити на таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 - Опис методів прогнозування

Групи прогнозування	Метод	Особливості	Основні обмеження
Статистичний	Авторегресивні моделі ковзного середнього (ARMA та ARIMA)	Простий, швидкий, відносно висока точність, здатність враховувати сезонні особливості в якійсь мірі, короткі горизонти прогнозування	Потрібні історичні дані
	Авторегресивні моделі з екзогенними входами (ARX)	Як ARMA, з розширеною здатністю враховувати нещодавні екзогенні зміни	Як ARMA, плюс вимагає наявності екзогенного моніторингу змінних
Машинне навчання	Лінійна регресія (LR)	Проста, швидка, гарна точність	Зважування коефіцієнтів є складним завданням, сезонність
	Штучні нейронні мережі (NN)	Точний, не потребує нагляду, здатний моделювати нелінійні схеми, висока швидкість	Опора на історичні дані, складність обчислення
Фізичні та числові	Підтримують векторні машини (svm)	Точність, більш чиста архітектура, ніж NN, здатні моделювати нелінійні структури, потребує менше навчальних даних, ніж NN	Складність обчислення, низька швидкість
	Інженерні методи "білого" та "сірого" ящиків	Точні, не покладаються на історичні дані, фізична інтерпретація	Потрібні кілька входів, складна і повільна швидкість роботи
	Числовий прогноз погоди (NWP) та фізичний прогноз погоди за допомогою зовнішніх входів	Точні, не покладаються на історичні дані, фізичну інтерпретацію, тривалі горизонти прогнозування	Наявна невизначеність, ресурсоемність та тривалість в часі

Прогнозування змінних погодних умов, особливо прогнозування температури, становить основний рівень системи управління енергією, проте по суті важко мінімізувати помилки невизначеності. Будь-які помилки прогнозування поширюються на прогнози вищого рівня і, можливо, збільшуються, оскільки змінні погоди функціонують як входні дані для більшості методів. Через обмеження даних та ресурсів прогнозування погоди для цілей енергоменеджменту в житлових багатоквартирних будівлях зазвичай отримують від третіх сторін. Однак локалізоване прогнозування, як описано в цьому розділі, пропонує цілий ряд переваг: можливість кращої фіксації мікроклімату будівлі, пристосовані та вихідні дані, які можна подавати безпосередньо в інтегровані рамки оптимізації та індивідуальні часові дозволи. Моделі числового прогнозу погоди (NWP) Numerical weather prediction забезпечують найвищу потужність, щоб мінімізувати невизначеність, особливо для горизонтів на кілька годин до днів вперед. Що стосується більш коротких горизонтів, які є важливими для вимірювання управління попитом на електроенергію, статистичний підхід чи підхід до штучних нейронних мереж із зовнішніми результатами здаються кращими. Зовнішні результати дозволяють присвоювати перевагу нещодавнім спостереженням

погодних змінних у часових рядах, беручи до уваги тенденцію збереження погодних умов та плавного розвитку з часом [49]. Таким чином, є підстави стверджувати, що інтегровані гібридні статистичні та числові моделі прогнозування погоди можуть функціонувати як гнучка техніка для забезпечення змінних погодних витрат для управління енергією в житлових багатоквартирних будинках. Маючи в своєму розпорядженні такий тип інформації, прогнозування виробництва з ВДЕ значно спрощується. Рисунок 3.10 підсумовує основні моменти, розглянуті в літературі в галузі прогнозування погодних змінних для використання в енергоменеджменті будівлі.

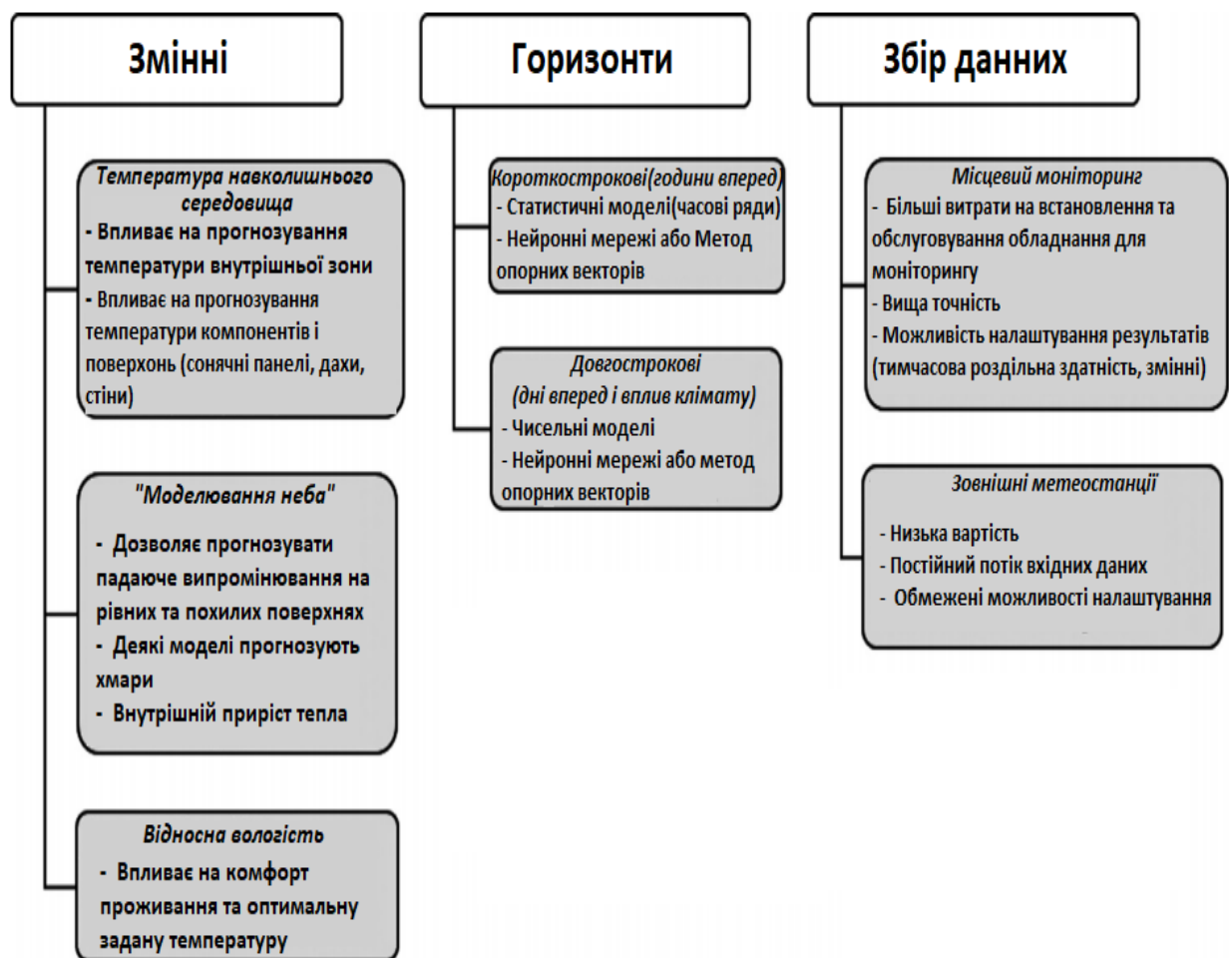


Рисунок 3.10 - Короткий зміст ключових тем дослідження, що обговорюються в існуючій літературі в галузі прогнозування погодних змінних для управління енергією будівлі.

Впровадження розосередженого виробництва енергії, таких як сонячні панелі, вітряні турбіни, паливні елементи або інші типи в будинках є новий виклик в області прогнозування. У разі когенерації і батарей, генерація може бути скоригована за бажанням, отже, алгоритми оптимізації в основному концентрують за прогнозами енерговитрат. Однак з не постійними джерелами енергії, такими як сонячна радіація або вітрова енергія, прогнозування доступної енергії є одним з основних аспектів енергоменеджменту в житлових багатоповерхових будівлях.

EViews від IHS Markit пропонує академічним дослідникам, корпораціям, державним установам та студентам доступ до потужних інструментів статистичного прогнозування та моделювання за допомогою простого у використанні об'єктно-орієнтованого інтерфейсу.

EViews закріпила репутацію світового лідера в галузі економетричного та прогнозуючого програмного забезпечення на базі Windows. Дане програмне забезпечення, було одним із перших пакетів прогнозування та аналітики, доступних для персонального комп'ютера. EViews, програмне забезпечення на базі Windows, замінило MicroTSP в 1994 році.

Перевагою є простота використання, гнучкість та інтеграція з іншим програмним забезпеченням, таким як Microsoft Office, а також широкий спектр інших доступних інструментів дозволяють аналітикам у цих галузях використовувати EViews для таких завдань, як макроекономічне прогнозування, аналіз часових рядів, оцінка попиту та багато іншого.

Для прикладу було взято споживання електроенергії за 31 день одним поверхом дані якого наведено в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 - Дані про споживання електроенергії одним поверхом будинку за 31 день

Дата	кВт·год	Дата	кВт·год	Дата	кВт·год
2019-10-01	304,76	2019-10-12	383,05	2019-10-22	312,44
2019-10-02	294,93	2019-10-13	374,65	2019-10-23	289,16
2019-10-03	337,99	2019-10-14	344,98	2019-10-24	330,17
2019-10-04	372,51	2019-10-15	357,00	2019-10-25	347,50
2019-10-05	399,75	2019-10-16	351,83	2019-10-26	352,44
2019-10-06	426,20	2019-10-17	331,09	2019-10-27	376,64
2019-10-07	434,16	2019-10-18	326,34	2019-10-28	437,85
2019-10-08	359,08	2019-10-19	319,34	2019-10-29	425,87
2019-10-09	365,54	2019-10-20	353,45	2019-10-30	314,67
2019-10-10	364,31	2019-10-21	334,60	2019-10-31	379,73
2019-10-11	375,38				

Модель ARIMA (p,d,q) записується в наступному вигляді

$$\Delta^d y_t = \alpha_1 \Delta^d y_{t-1} + \alpha_2 \Delta^d y_{t-2} + \dots + \alpha_p \Delta^d y_{t-p} + \varepsilon_t - \beta_1 \delta_{t-1} - \beta_2 \delta_{t-2} - \dots - \beta_q \delta_{t-q} \quad (3.1)$$

Де $\Delta^d y_t$ - d-ая послідовна різниця ряду з рівнями Y_t ;

$$t = d + k + 1, d + k + 2, \dots, T \quad (k = \max\{p, q\}) \quad (3.2)$$

Найбільш розповсюджена модель ARIMA(p,d,q) зі значенням параметрів, котрі не перевищують 2, при цьому шукані параметри p,q визначають відповідно порядок авторегресійної складової та порядок ковзної середньої, d – порядок інтегрування.

Для $x_t \in \Delta^d y_t$ можна розглядати моделі стаціонарних часових рядів:

- Модель ковзної середньої

$$CC(q) \in MA(q): x_t = \delta_t - \beta_1 \delta_{t-1} - \beta_2 \delta_{t-2} - \dots - \beta_q \delta_{t-q},$$

де, $t = d + q + 1, d + q + 2, \dots, T$

- Модель авторегресії

$$AP(p) \in AR(p): x_t = \alpha_1 x_{t-1} + \alpha_2 x_{t-2} + \dots + \alpha_p x_{t-p} + \delta_t$$

де, $t = d + q + 1, d + q + 2, \dots, T$

- Модель авторегресії ковзної середньої

$$APCC(p,q) \in ARIMA(p,q): x_t = \alpha_1 x_{t-1} + \alpha_2 x_{t-2} + \dots + \alpha_p x_{t-p} + \delta_t - \beta_1 \delta_{t-1} - \beta_2 \delta_{t-2} - \dots - \beta_q \delta_{t-q}$$

Де $t = d + k + 1, d + k + 2, \dots, T$ ($k = \max\{p, q\}$)

Вибір моделі базується на основі розрахунку інформаційних критеріїв та на аналізі автокореляційної, частковій автокореляційній функції.

Методологія Бокса-Дженкінса може також використовуватись для моделювання поведінки часових рядів з яскраво вираженою сезонною складовою. Сезонна модель позначається $ARIMA(p,d,q)(Ps,Ds,Qs)$, де Ps – сезонний параметр авторегресії, Ds – порядок сезонної різниці, Qs – сезонний параметр ковзної середньої.

Продемонструємо процедуру прогнозування на основі $ARIMA(p,d,q)$ - моделі, використовуючи інформацію про споживання електроенергії за окремо взятий наглядний місяць в програмному забезпеченні EViews 3.1.

Отримані результати прогнозування в програмному забезпеченні EViews 3.1. наведені в рис. 3.11 та 3.12.

Forecasts; Model:(1,1,0) Seasonal lag: 12 (Spreadsheet1)					
Input: VAR1					
Start of origin: 1 End of origin: 31					
CaseNo.	Forecast	Lower 95,0000%	Upper 95,0000%	Std.Err.	
32	375,9550	301,2331	450,6769	36,4780	
33	378,8984	278,2504	479,5464	49,1347	
34	381,1861	259,6412	502,7310	59,3363	

Рисунок 3.11 - Результати прогнозування енергоспоживання

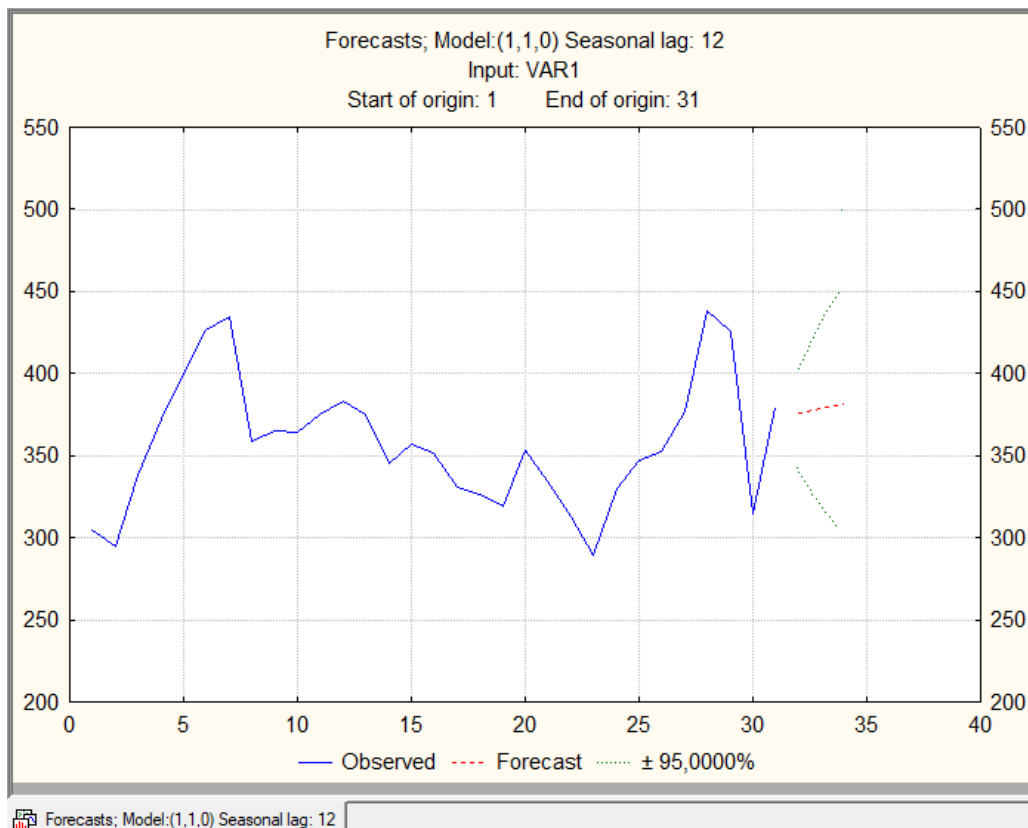


Рисунок 3.12 Графік прогнозу споживання електроенергії для окремого поверху.

3.4 Модель прогнозуючого керування з урахуванням погодних умов як складова системи «розумна будівля»

Інформація про закономірності, що регулюють попит на енергію та вироблення на місці, може в більшості випадків забезпечити значну економію в межах 15–30%, і тому є важливою для управління енергетичними системами будівель. Переважно на опалення та охолодження в будівлі, а також наявність сонячної та вітрової енергії безпосередньо впливають такі змінні, як температура, вологість та сонячна радіація. Це робить прийняття та планування енергоменеджменту чутливим до нинішніх та майбутніх погодних умов. Спроби досліджень робляться з використанням різноманітних статистичних або фізичних алгоритмів для прогнозування розвитку будівельного навантаження або генерації з метою оптимізації управління енергією будівлі. Реакція енергетичної системи будівлі на зміни погодних умов є складною для прогнозування; проте численні методи в літературі описують і використовують

прогнози погоди. Крім того, важливість врахування даних прогнозування погоди в системах енергоменеджменту встановлюється шляхом висвітлення залежності різних компонентів будівлі від погодних умов. Також розглядаються питання складності впровадження інтегрованих прогнозів погоди. Також буде запропонована нова структура, яка використовує ряд прогнозів змінних погодних умов для оптимізації енерговикористання в житлових багатоквартирних будинках з концепцією «розумна» будівля.

Як відповідь на підвищення цін на електроенергію та викиди парникових газів все більша кількість багатоповерхових житлових будинків та інших будівель вживає різноманітні заходи. Такі заходи мають на меті або генерувати енергію на місці, або управляти попитом за допомогою енергоефективних проектів, модернізації та політики реагування на попит, часто присутня комбінація. Ці енергетичні системи піддаються високим ступеням оптимізації з точки зору фінансової економії, оскільки величина енергії змінюється і залежить від ряду факторів, таких як час доби, сезон та джерело енергії. Отже, існує суттєве дослідження, спрямоване на досягнення оптимальних енергетичних показників комерційних будівель.

В ідеалі, в періоди високих витрат енергії споживання слід звести до мінімуму, а виробництво, якщо це можливо, максимізувати. Теплові або електричні накопичувачі часто використовуються як буфери енергії та регулятори попиту протягом дня. Ключем до таких алгоритмів оптимізації є аналіз поведінки системи та прогнозування її розвитку якомога точніше на горизонті, що рухається на кілька хвилин до кількох днів вперед, щоб згенерувати попит та отримати максимальну потенційну економію.

Підвищення енергоефективності за допомогою моделі прогнозного керування на рівні енергетичного менеджменту.

Управління з прогнозуючими моделями (MPC - Model predictive control) - це попередній метод управління процесом, який спочатку використовувався в хімічній, нафтопереробній, нафтохімічній галузях виробництва. MPC-регулятори в основному використовують лінійні емпіричні динамічні моделі

процесу, отримані шляхом ідентифікації системи. Управління з прогнозуючими моделями відносяться до класу комп'ютерних керуючих алгоритмів, що використовують точну модель процесу для передбачення майбутньої реакції об'єкта. На кожному інтервалі управління алгоритми MPC намагається оптимізувати майбутню поведінку об'єкта, шляхом обчислення коректованих майбутніх послідовностей керуючої змінної. Перший інтервал управління оптимальної послідовності подається на об'єкт, далі весь розрахунок керуючої величини на наступному інтервалі управління повторюється занову. Управління з прогнозуючими моделями - це метод який орієнтується на побудові контролерів, які виробляють керуючий вплив до того як відбудеться зміна вихідної величини. Це випередження в поєднанні з принципом управління за відхиленням з негативним зворотним зв'язком дозволяють регулятору вносити коригування таким чином, що керуючий вплив близький до оптимального. Основне завдання оптимізації полягає в обчисленні нового вектору управління і в той же час облік накладених обмежень. Алгоритм MPC складається з функції вартості, обмежень і самої моделі процесу.

Спираючись на інформацію про поточний і майбутній стан погодних параметрів, навантаження чи генерації, за допомогою системи управління будівлею можна регулювати задані значення для ОВК, а також регулювати витрати електроенергії і споживання енергії всередині будівлі. Це дозволяє системі виконувати заходи управління попитом на електроенергію і знижувати пікове і річне споживання енергії, а отже, мінімізувати витрати енергії [50]. Процеси стохастичної оптимізації були запропоновані і підтверджені моделями та випробуваннями. [51,52, 53].

Набори правил у формі контролерів регулюють параметри роботи ОВК, а також інших компонентів навантаження і може інтегрувати теплові маси або альтернативні джерела зберігання різними способами. На відміну від управління на основі правил, де набір правил визначає поведінку системи детерміновано, модель прогнозного контролю (MPC) - це система оптимізації, яка шукає оптимальне рішення для цільової функції навантаження, пов'язаної з певними

обмеженнями (комфорт мешканців, вартість енергії і характеристики будівлі). MPC бере до уваги майбутній стан енергетичної системи, ємність теплових або електричних накопичувачів і взаємозалежність від погодних умов або режиму недоступності [52]. Часто засновані на оптимізації в реальному часі, ці стратегії можуть мінімізувати витрати на систему без шкоди для комфорт мешканців у відповідь на зовнішні подразники. В основному це досягається використанням всього діапазону зони теплового комфорту протягом дня. Зовнішні стимули, такі як приріст температури або сонячного тепла реалізується у вигляді подразника і інтегруються в алгоритм в режимі реального часу у вигляді манери. MPC може бути відрегульований для оптимізації потоків системи на різні горизонти в залежності від потужності ОВК і структури будівлі [54]. Зазвичай порушення прогнозуються з використанням методів, розглянутих вище. MPC демонструє терпимість до притаманних неточностей прогнозу погоди і попиту, які надають вхідні дані. Блок-схема, що демонструє типову архітектуру MPC, можна побачити на Рис. 7.

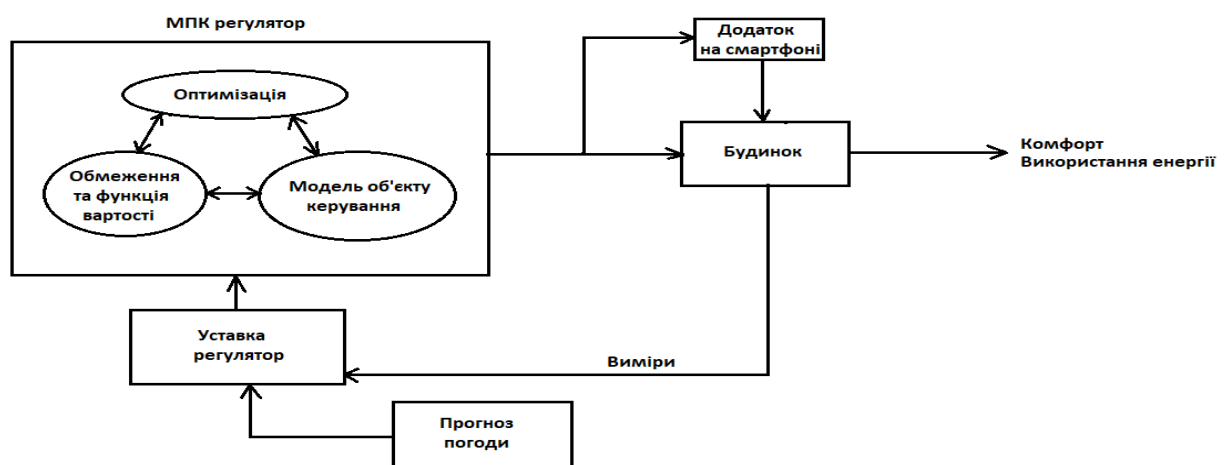


Рисунок 12. Приклад структури MPC, що включає прогнози погоди.

Уставка регулятор спрацьовує при перетині певної межі у вигляді обмежень, від даних що надходять з датчиків котрі розташовані в будинку або від інформації про погодні умови.

Від спрацювання уставки з урахуванням обмежень про нормативні умови що мають бути в середині будівлі, наявної ціни на теплову чи електричну енергію та враховуючи індивідуальні тепло-технічні характеристики будівлі, а

також можливо наявні накопичувачі електроенергії приймається рішення з урахуванням всіх прописаних факторів та обмежень для автоматичного або з погодженням користувача (що надходить до мобільного додатку) про ввімкнення відповідних контролерів та пропозиція з якого джерела енергії буде виконуватись енергозабезпечення. При цьому враховується рівень заповнення накопичувачів енергії, ціна енергії з відновлювальних джерел енергії та ціна енергії з мережі.

Після визначення найкращого шляху розв'язку задачі, попередньо обравши в автоматичному режимі чи за узгодженням користувача, надсилається сповіщення на мобільний додаток про ввімкнення відповідних контролерів чи запит на дозвіл про ввімкнення відповідно. При досягненні межі комфорту чи зміні умов, контролер вимикається автоматично сповіщаючи власника через мобільний додаток.

Прогнозування погоди для MPC включає переважно прогнози навколишньої температури, а іноді вологість та сонячну радіацію [55]. Такі загальні дані часто отримуються від зовнішніх метеорологічних станцій. Однак кілька спроб вказують на чудові результати оптимізації та збільшення економії, коли в якості вхідних даних для MPC використовуються індивідуальні прогнози погоди та температури приміщення, отримані в результаті моделювання на місці [51,52,53,56]. Zavala та ін. [57] запропонували модифіковану версію динамічної системи прогнозування в реальному часі, яка включає прогнози погоди для різних горизонтів, і після моделювання у великій будівлі зробив висновок, що можна досягти більшої економії до 30% за один день наперед порівняно з базовим сценарієм прогнозування в реальному часі. Насправді економія виявилася ще більш значною для модельованої будівлі з більш товстою ізоляцією завдяки кращому використанню її теплової маси. Крім того, погодний компонент призвів до пом'якшення одного з основних обмежень процедур прогнозування в реальному часі, а саме неможливості використати існуючі тенденції в часових рядах. В дослідженнях [57] було визначено, що статистичні прогнози призвели до більшої похибки і навіть до заданих температур поза

зоною комфорту. З іншого боку, числові прогнози погоди допомогли максимізувати економію, зіставляючи прогнозовані та фактичні температури та правильно регулюючи системи вентиляції опалення та кондиціонування в зоні комфорту. У літературі з оптимізації не менш важливою складовою енергозбереження вважається комфортність проживання. Однак, завжди є великі можливості для покращення. Оптимальний контролер з ідеальним прогнозуванням погоди дозволить досягти найнижчих енергетичних витрат при мінімально можливих витратах на дискомфорт. Більшість звичайних контролерів, однак, працюють без погодних умов і можуть досягти лише незначного дискомфорту для мешканців при відносно високих витратах енергії. Динамічне прогнозування в реальному часі з погодними входами також розглядаються і були перевірені за допомогою змішаного цілочисельного лінійного програмування [58] або контролери з штучною нейронною мережею [59] із зафіксованою економією в районі 25–30%.

На додаток до погодних даних, були розглянуті дані про тип заповнення. Були реалізовані значні потенціали економії, і було зроблено висновок про співвідношення погоди та зайнятості, отже, зменшується ступінь складності проблеми оптимізації [60]. Використовуючи чисельний аналіз, також було зроблено висновок, що економія до 50% може бути досягнута за допомогою систем RTO, які отримують чутливі до погоди вхідні дані та дані про зайнятість населення [61]. У різних процедурах управління та оптимізації було продемонстровано, що використання вихідних даних з моделі прогнозування фізичного навантаження та використання накопиченої енергії в тепловій масі будівлі є дуже ефективними для отримання економії енергії для пікового споживання шляхом перенесення навантаження на зниження вартості пікових зон [62], головним чином за рахунок попереднього кондиціонування. Lee К-Н, Braun JE. [63] вивчали дві такі альтернативні стратегії попереднього кондиціонування до типової детермінованої нічної установки. При попередньому кондиціонуванні загальне добове навантаження суттєво не впливає, однак пікове навантаження значно зменшується, що призводить до

економії без шкоди для комфорту мешканців. Ефективність таких контролерів може бути покращена шляхом додавання зворотного зв'язку про ціну електроенергії в реальному часі до вхідних даних [62]. Окрім допомоги у стратегіях накопичення тепла та перекладі навантаження, прогнозування змінних погодних показників було використано для регулювання припливів сонячного тепла за допомогою регуляторів затінення [64].

Таким чином, головним висновком вищезазначеного є те, що врахування прогнозування змінних погодних умов завжди забезпечує підвищену точність порівняно з детермінованим підходом прогнозування та оптимізації системи з урахуванням погодних даних.

Типова техніка, яка на даний час розглядається в багатьох тематичних дослідженнях, включає прогнозування температури повітря, яке потім, у свою чергу, застосовується до прогнозів навантаження опалення вентиляції та кондиціонування та управління заданими значеннями або інших заходів керування попитом на електроенергію, таких як попереднє кондиціонування або активне зберігання. Такі одновимірні підходи накладають обмеження на межі економії енергії. Для великих житлових багатоквартирних будинків з різноманітними параметрами генерації та управління додатковими змінними погоди є важливими для аналізу енергетичної системи. Однак впровадження енергетичної системи, здатної використовувати кілька погодних факторів, видається проблематичним. Введення додаткових вхідних змінних збільшує ступінь складності і, в свою чергу, необхідних обчислювальних ресурсів. Крім того, погодні змінні вимагають нелінійних моделей, які неможливо точно розробити за допомогою статистичних методів. Включення локальних числових прогнозів погоди дозволяє точно обробляти нелінійні моделі, і хоча все ще спостерігається збільшення складності та вартості енергетичної системи, можна стверджувати, що потенціал економії є перспективним.

Висновки до третього розділу

В цьому розділі було розглянуто, співставлено та коротко описано основні можливості та переваги і недоліки технологій «розумна будівля», які були узагальнені до чотирьох груп: інтегровані бездротові технології, системи управління домашньої енергії, розумні домашні мікрокомп'ютери та домашня автоматизація.

За результатами проведених досліджень та розрахунків було обрано компоненти для запровадження системи «розумна будівля» у вигляді мікрокомп'ютера Smart Home Raspberry Pi який дасть змогу через інтернет мережу в режимі реального часу надавати данні про стан системи. Також було запропоновано використання моделі ARIMA для прогнозування енергоспоживання та зроблені відповідні розрахунки для наочності в програмному забезпеченні EViews 3.1. Для підвищення енергоефективності в поєднанні з збереженням комфорту для мешканців було запропоновано модель прогнозуючого керування, для контролерів, з урахуванням погодних умов, що являє собою досить перспективний напрямок подальшого вдосконалення.

4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

4.1 Опис ідеї проекту

Ідея стартап-проекту полягає в розробці мобільного додатку для системи «розумний будинок» яка в режимі реального часу буде взаємодіяти з системою «розумний будинок» та надаватиме можливості перегляду стану обладнання, поточної ситуації щодо використання енергоресурсів та дасть можливість частково керувати системою.

Дане програмне забезпечення в теорії є далеко не низько вартісним, але слід зазначити, що враховуючи тенденції які можна спостерігати в наш час, де вивчення мов програмування вийшло на рівень вивчення іноземних мов і де-факто кожен третій студент в тій чи іншій мірі володіє принаймні однією мовою програмування приводить до логічного висновку, що пропонуючи програмне забезпечення з відкритим кодом написаним на одній з найпопулярніших мов програмування робить досить привабливим проект одразу в декількох напрямках. З одного боку відкривається можливість для залучення молодих спеціалістів з низькою заробітною платою, а також пропонуючи відкритий код програми для вільного доступу робить проект привабливим та перспективним з боку користувачів, особливо для ринку України, де тільки почав реформуватись ринок електричної енергії, що «відкриває двері» для конкуренції – а конкуренція це змагання та впровадження нового.

Також слід зазначити, що найшвидша реалізація проекту дає можливості покриття більшої кількості потенційних користувачів, і зменшує ймовірність потенційних конкурентів спричинити труднощі для нашого проекту.

Стислий опис ідеї стартап-проекту який вміщує напрямки застосування та вигоду для користувачів наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Мобільний додаток для системи «розумний будинок» з можливістю відгуку та керування системою в реальному часі для смартфонів	Взаємодія користувачів (мешканців будинку) з системою «розумна будівля»	Моніторинг енерговитрат в реальному часі, віддалене керування контролерами, слідкування за станом безпеки помешкання, можливість швидкого реагування на зміни в системі та можливість оплати за комунальні послуги.

В таблиці було наведено загальний основний зміст ідеї, напрямок застосування та вигоду для користувачів, але слід зазначити, що мобільний додаток буде персоналізованим з урахуванням встановлених можливостей системи «розумний будинок», але це загалом впливає лише на додаткові можливості програмного забезпечення, так наприклад відсутня генерація електроенергії від вітру в системі «розумний будинок» буде відображатись в додатку як не активна, чи просто відсутня. Але загалом весь функціонал буде присутній і при встановленні відповідного обладнання функція буде розблокована і врахована на програмному рівні.

Також було визначено найближчих конкурентів та зроблено порівняння за основними техніко-економічними характеристиками, результати якого зведено в таблицю 4.2. В таблиці 4.2 було обрано за Конкурента 1 – HomeKit, 2 – e-Gotham, 3 – HomeSeer HS3.

Таблиця 4.2 Визначення переваг та недоліків стартап-проекту

№ п/п	Техніко- економічні характеристики ідеї	(Потенційні) товари/концепції конкурентів				W(слабка сторона)	N(нейтральна)	S(сильна сторона)
		Розроблюваний проект	Конкурент 1	Конкурент 2	Конкурент 3			
1	Точність	Висока	Висока	Середня	Висока			+
2	Собівартість	Низька	Висока	Середня	Середня			+
3	Використання додаткового обладнання	Треба	Треба	Треба	Треба		+	
4	Кросплатфор- меність	Так	Ні	Так	Так	+		
5	Масштабо- ваність	Так	Ні	Ні	Так		+	

Слід зазначити хоча і прогнозована собівартість планується бути не великою проте, після тестуванні на платформі Windows та Android буде визначено чи доцільно розробляти додаток для платформи iOS, адже це потребуватиме значних фінансових витрат, тому кросплатформність визначено як слабкою стороною. Також слід зазначити, що для додатків даного характеру використання додаткового обладнання являється невід'ємною частиною.

Також як досить значним недоліком, який притаманний для всіх програмних забезпечень є ймовірність виходу з ладу. А саме при встановленні повного дозволу для програми на автоматичне керування є ймовірність несправності на рівні контролера чи давача та іншого. В результаті чого програма може працювати не коректно, але для запобігання цьому планується за можливості програмою не враховувати несправний елемент, або в критичних ситуаціях буде надіслано сповіщення для користувача про призупинення роботи програми.

Але в цілому з огляду на ідею проект можна вважати конкурентоспроможним.

4.2 Технологічний аудит

Проведено технологічний аудит, після якого було визначено за допомогою яких технологій можлива реалізація проекту та чи необхідна розробка власних технологій для реалізації проекту, результати були зведені в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 Технологічний аудит для проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Мобільний додаток	Java	Наявна	Вільний доступ
		Django	Наявна	Вільний доступ
2	Серверна частина з базою для надання інформації	JetBrains PyCharm	Наявна	Вільний доступ
		Django	Наявна	Вільний доступ

Таким чином з таблиці 4.3 можна побачити, що реалізація проекту буде поділена на два сегмента які будуть пов'язані. Мобільний додаток буде розроблятися на мові програмування Java – який на даний час є найпопулярнішою мовою для додатків. А серверна складова з базою даних та обчислювальними можливостями буде розроблена на мові програмування Python в інтегрованому середовищі розробки PyCharm.

4.3 Аналіз ринкових можливостей

Визначення ринкових можливостей та потенційно можливих загроз проекту допоможе спланувати напрям розвитку на який потрібно зробити основне зусилля враховуючи стан ринку, пропозиції конкурентів а також потреби потенційних користувачів додатку. В першу чергу проводиться аналіз попиту на продукт, стан ринку, вимоги, що можуть вплинути на термін розробки проекту та динаміка. Попередню характеристику потенційного ринку стартап-проекту наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4. Характеристика потенційного ринку

№ п/п	Показники стану ринку	Характеристика
1	Кількість головних конкурентів	Близько 5
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	27 000 грн за ум. од.
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає останні 10 років та очікується ще більше зростання
4	Наявність обмежень для входу (вказується характер таких обмежень)	Присутні обмеження у вигляді первинних інвестицій
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Загалом не має, але присутні певні норми при розташуванні на маркетплейсах
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	55%

Ринок мобільних додатків в наш час залишається досить привабливим, достатньо мати гарну ідею та декількох програмістів які зможуть реалізувати ідею і не значний капітал який зрештою може дати над прибуток без значних додаткових інвестицій після реалізації основної ідеї. Але слід зазначити що

реалізація проекту повинна робитись з урахуванням потреб потенційних споживачів. Тому було зроблено аналіз цільової аудиторії стартап-проекту, який наведено в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 Характеристика потенційних споживачів продукту.

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Можливість енергозбереження, а отже і економії та перегляду стану системи в	Мешканці житлових багатоквартирних будинків	Можливість розділу плати між мешканцями за надані послуги.	Простота інтерфейсу, швидкість роботи,
2	реальному часі та керуванням нею	Власники приватних будинків	Індивідуальні вимоги кожного споживача	Стабільність роботи системи, та можливість індивідуального доповнення.

Не менш важливим процесом для проекту при виході на ринок та орієнтації на цільову аудиторію є аналіз можливих загроз для стартап-проекту, які потенційно можуть спричинити загрозу для розвитку чи іншу проблему. Тому було зроблено аналіз в ході якого визначено фактори загроз, що надасть можливість врахувати можливі загрози та уникнути їх.

Результати аналізу факторів загроз для проекту було наведено в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція
1	Конкуренція	Вихід на ринок компанії з аналогічною ідеєю, ідеологією та з більшими фінансовими можливостями	Робити наголос на одній конкретній складовій ідеї, щоб мати безперечну перевагу принаймні в факторі
2	Складне економічне становище в країні	Зниження зацікавленості мешканців до систем «розумний будинок»	Перебазування на інші країни чи на інші типи будівель
			Адаптація під суміжну сферу діяльності, в залежності від стану ринку на той час
3	Не прийняття користувачами програми на рівні не зрозумілості	Користувачам буде не зрозуміла програма з усім її функціоналом та надлишковою інформацією особливо для людей віддалених від сфери енергетики, та для людей похилого віку	Розробка функції надання спрощеного вигляду та функції «для літніх людей»
			Розробка можливості передачі управління певного функціоналу на інший пристрій (дітям чи батькам)

Слід зазначити що, як наведено в таблиці в першому пункті, в тому випадку коли з'явиться аналогічний конкурент але з більшими потужностями, реакція у вигляді направлення сил на одну зі складових ідеї проекту є доцільною з декількох сторін. В першому варіанті значний успіх в конкретній складовій

проекту дає перевагу над конкурентом і якщо не принесе бажаного успіху, принаймні ми будемо цікаві окремому типу користувачів та матимемо свою долю ринку. З іншого боку, зазнавши значних втрат та не мавши фінансової можливості для подальшої життєдіяльності, наша компанія буде цікава для поглинання для тієї ж компанії котра виштовхнула нас з ринку.

Також було визначено фактори які навпаки будуть сприяти розвитку програми, такі фактори були зведені в таблицю 4.7.

Таблиця 4.7 Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція
1	Зростання купівельної спроможності клієнтів	Наразі не мало мешканців хотіло б підвищити зручність взаємодії з будинком, комунальними підприємствами та мати при цьому економію	Збільшення фінансування на рекламу, доповнення додатковим платним функціоналом.
2	Підтримка або заохочення на державному рівні	Відшкодування державою частини грошей витрачених на встановлення в будинку відновлювальних джерел енергії чи обладнання направленого на енергозбереження яке сумісне з нашим додатком	Підвищення фінансування на рекламу та адаптація під взаємодію з іншими пристроями призначеними для енергозбереження

Також було зроблено SWOT-аналіз впровадження проекту, який представлений в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 SWOT-аналіз впровадження проекту

S (Сильні сторони)	W (Слабкі сторони)
Наявність великого функціоналу, підлаштування під окремі потреби	Реклама продукту, низьке розуміння не явних переваг для необізнаних користувачів
O (Можливості)	T (Загрози)
Зростання попиту на системи «розумна будівля»	Складне економічне становище потенційних користувачів, поява конкурентів з аналогічною ідеєю, поява нових технологій

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

При розробленні ринкової стратегії першим кроком передбачено визначення стратегії охоплення ринку, відповідно опис цільових груп потенційних споживачів представлено в таблиці 5.9.

Таблиця 4.9 Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Цільові групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів прийняти продукт	Орієнтований попит в межах цільової групи	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу в сегмент
1	Мешканці житлових багатоквартирних будинків	Частково готові	Високий	Середня	Середня
2	Власники приватних будинків	Частково готові	Високий	Середня	Просто
3	Власники не великих офісних будівель	Частково готові	Середня	Слабка	Складно
4	Ремонтні організації люкс сегменту	Повна готовність	Високий	Слабка	Складно

Переглядаючи таблицю 4.9 можна зрозуміти що орієнтованість на мешканців житлових багатоквартирних будинків є доцільнішою, так як присутня можливість розподілу вартості системи на всіх мешканців будинку. Хоча і є можливість охоплення цільової групи власників приватних будинків, та інших груп, проте існують індивідуальна особливість кожної з груп, так наприклад є можливість охоплення певної групи заможних людей що зводять, або роблять ремонт в великих приватних будинках через певні організації, проте складність заохочення та кількісна характеристика такої групи буде не велика.

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Концепція маркетингової комунікації наведено в таблиці 4.10.

Таблиця 4.10 Концепція маркетингової комунікації

Цільові групи	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
Мешканці житлових багатоквартирних будинків	Інтернет	Надійність, достовірність, повнота інформації	Зацікавити клієнтів в покупці	Зручність в експлуатації, надійність, достовірність
Власники приватних будинків	Інтернет	Надійність, достовірність, повнота інформації	права на користування продуктом	

Проблеми реалізації проекту мобільного додатку були наведені в таблиці 4.11.

Таблиця 4.11 Проблеми реалізації проекту

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами
1	Інформаційний функціонал	Велика можливість і різноманітність представлення даних про споживання, зручна візуалізація	Наявність можливості візуалізації прогнозу споживання
2	Функціонал комфорту	Можливість дистанційного регулювання пристроями	Можливість регулювання без обмежень по дистанції
3	Вартість	Вигідна ціна для покупців	Нижча ціна, ніж у більшості конкурентів
4	Залежність системи від додаткових пристроїв	Потребує мінімальну кількість додаткового обладнання	Потрібен смартфон та невеликий сервер збору та обробки даних

Висновки до четвертого розділу

Таким чином, у розділі було досліджено доцільність виведення на ринок стартап-проекту в даний час, який представляє собою мобільний додаток для візуалізації інформації про енерговикористання з можливістю дистанційного керування. Продукт є досить цікавим як для мешканців житлових багатоквартирних будинків так і для власників приватних будинків.

У розділі було представлено загальну ідею та ідеологію проекту з яких можна зрозуміти, що хоч і існують компанії з подібним програмним забезпеченням, проте наявність різноманітності функціоналу та наголосу на енергозбереженні робить запропонований проект унікальним.

Також було розроблено маркетингову програму проекту, обрано цільову групу потенційних клієнтів на яку буде зроблено основний акцент, розглянуто фактори можливостей та загроз з яких значною загрозою є погіршення економічного становища потенційних користувачів, і відповідно було запропоновано певні реакції на ті чи інші загрози і можливості.

Загалом можна зробити висновок, що додаток придатний до комерціалізації, має можливість до подальшого розвитку та шляхи вдосконалення.

ВИСНОВКИ

1) Провівши аналіз стану енергоефективності існуючих житлових багатоквартирних будівель було зроблено висновок, що більша частина інженерних систем повинна бути модернізована та має бути проведено комплексне утеплення будинків та інші заходи з підвищення рівня енергоефективності, що також були розглянуті. А наступним етапом з енергозбереження в таких будинках, і навіть в будинках забудови після 2010 року, де показник енергоефективності задовольняє норми, має бути запровадження системи «розумна будівля», що надасть змогу підвищення рівня енергоефективності, автоматизувати необхідні процеси та підвищити рівень комфорту мешканців.

2) З огляду на загальний рівень енергоефективності існуючих типів житлових багатоквартирних будинків було розглянуто, співставлено та описано основні переваги та недоліки існуючих технологій «розумна будівля» та обрано доцільну технологію у вигляді Raspberry Pi.

3) Було запропоновано сценарії впровадження концепції «розумна будівля», який пропонує часткове та поступове впровадження та модернізацію системи. Так було розглянуто впровадження Автоматизованої системи енергомоніторингу (АСЕМ), що дає можливість контролю, підвищення ефективності споживання та раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів, де відображення інформації про споживання енергії та стан системи відбувається за допомогою веб ресурсу. Наступним кроком, для усвідомлення мешканцями потенціалу енергозбереження, було запропоновано відображення енергоспоживання в реальному часі в поєднанні з прогнозуванням витрат, основні розрахунки яких буде виконувати мікрокомп'ютер Smart Home Raspberry Pi.

4) З перспективою на майбутє, а майбутєне це вже сьогодні, було запропоновано модель прогнозуючого керування (контролерів) з урахуванням погодних умов, що дасть можливість автоматичного або на пів-автоматичного керування системами опалення, вентиляції, кондиціонування та енергії з ВДЄ.

5) Розроблено стартап-проект, суть якого полягає в створенні мобільного додатку для відображення інформації про стан енергвикористання, загальний стан системи, та можливість керування «розумним будинком» в режимі реального часу через доступ до інтернет мережі. Перспективність данного проекту, визначеного в ході аналізу, стартап-проекту досить обнадійливі.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Держстат України, 1998-2020 Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
2. Річний моніторинговий звіт про просування України у виконанні угоди про асоціацію з ЄС у сферах енергетики та довкілля, 2019. 27 с. Режим доступу: http://dixigroup.org/storage/files/2019-11-13/monthlyaugust_rs.pdf
3. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» (реєстр. № 1566) Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19#Text>
4. Директива з використання енергії (The Energy Services Directive, ESD), 2006/32 / ЕС
5. Директива з енергетичних характеристик будівель (the Energy Performance of Buildings Directive, EPBD), 2010/31/EU
6. Директива заощадження (the SAVE Directive, 93/76 / ЕС)
7. Закон України «Про енергетичну ефективність» Директиви 2012/27/ЄС
8. Програма економічних реформ на 2010 - 2014 роки "Заможне суспільство, конкурентоспроможна економіка, ефективна держава" <https://ips.ligazakon.net/document/MUS14838>
9. Розпорядження від 18 серпня 2017 р. № 605-р Київ Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року “Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність”
10. Річний звіт 2005 - НАК «Нафтогаз України Режим доступу: https://www.naftogaz.com/files/Zvity/Naftogaz_2005_UA.pdf
11. ДБН В.2.6-31:2006 “Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель”
12. Держстат України Демографічна та соціальна статистика, 1998-2020 Режим доступу http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/if.htm
13. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель
14. ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 настанова з розроблення енергетичного паспорта будинків
15. Сальников А.Х. Нормирование потребления и экономия топливно-

энергетических ресурсов [Текст] / А.Х. Сальников, Л.А. Шевченко. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 240 с.

16. Находов В.Ф. Застосування методів самоорганізації математичних моделей енергоспоживання для встановлення «стандартів» в системах оперативного контролю енергоефективності / В.Ф. Находов, І.В. Стеценко, Я.С. Бедерак // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2012. – № 5(99). – С. 23-33.

17. МЕА (Міжнародне енергетичне агентство) Режим доступу <https://www.iea.org/>

18. ДСТУ А.2.2-12:2015 Енергетична ефективність будівель

19. Європейський банк реконструкції та розвитку Режим доступу : <https://www.ebrd.com/home>

20. Державна служба статистики України -Розділ «Постачання та використання енергії» Режим доступу <http://www.ukrstat.gov.ua/>

21. Energy Efficiency Trends and Policies in the Household and Tertiary Sectors 2015

22. João Pedro Costa Luz Baptista Gouveia Mestre em Engenharia do Ambiente Residential Sector Energy Consumption at the Spotlight: From Data to Knowledge April 2015

23. João Pedro Costa Luz Baptista Gouveia Mestre em Engenharia do Ambiente Residential Sector Energy Consumption at the Spotlight: From Data to Knowledge

24. Бахрушин В.Є. Методи аналізу даних: навчальний посібник для студентів [Текст] / В.Є. Бахрушин. – Запоріжжя: КПУ, 2011. – 268 с.

25. Бешелев С.Д. Экспертные оценки / С. Бешелев, Ф. Гурвич.- М.: Наука, 1973. 246с.

26. Приступа М.М. Енергозбереження в Україні: правові аспекти і практична реалізація [Текст] / М.М. Приступа, М.В. Бохонко. – Рівне: видавець О.Зень, 2011. – 56 с.

27. Comité Européen de Normalisation. Energy Performance of Buildings—Impact of Building Automation, Control, and Building Management; European

Technical Standard EN 15232; CEN: Brussels, Belgium, 2012.

28. European Parliament. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance of Buildings; Directive 2010/31/EU; The European Parliament and the Council of the European Union: Brussels, Belgium, 2010.

29. European Climate Foundation. Roadmap 2050 Project. Available online: <http://www.roadmap2050.eu/> (accessed on 16 November 2015).

30. Costanzo, G.T.; Zhu, G.; Anjos, M.F.; Savard, G. A system architecture for autonomous demand side load management in smart buildings. *IEEE Trans. Smart Grid* 2012, 3, 2157–2165.

31. World Business Council for Sustainable Development. Transforming the Market: Energy Efficiency in the Buildings; World Business Council for Sustainable Development: Brussels, Belgium, 2009.

32. Kailas, A.; Cecchi, V.; Mukherjee, A. A survey of communications and networking technologies for energy management in buildings and home automation. *J. Comput. Netw. Commun.* 2012, 1–12.

33. Darby, S. The Effectiveness of Feedback on a Review for Defra of the Literature on Metering, Billing and Direct Displays. Environmental Change Institute—University of Oxford: Oxford, UK, 2006.

34. Javaid, N.; Khan, I.; Ullah, M.N.; Mahmood, A.; Farooq, M.U. A survey of home energy management systems in future smart grid communications. In *Proceedings of the IEEE 8th International Conference on Broadband, Wireless Computing, Communication and Applications*, Compiègne, France, 28–30 October 2013.

35. Fitzgerald, M. Finding and Fixing a Homes Power Hogs. 2008. Available online: <http://www.nytimes.com/2008/07/27/technology/27proto.html> (accessed on 16 November 2015).

36. Ahmad, A.; Latif, K.; Javaid, N.; Khan, A.; Qasim, U. Density controlled divide-and-rule scheme for energyefficient routing in wireless sensor networks. In *Proceedings of the 26th IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE2013)*, Regina, SK, Canada, 5–8 May 2013.

37. Khan, M.Y.; Javaid, N.; Khan, M.A.; Javaid, A.; Khan, Z.A.; Qasim, U. Hybrid DEEC: Towards efficient energy utilization in wireless sensor networks. *World Appl. Sci. J.* 2013, 22, 126–132.

38. Aslam, M.; Shah, T.; Javaid, N.; Rahim, A.; Rahman, Z.; Khan, Z.A. CEEC: Centralized energy efficient clustering a new routing protocol for WSNs. In *Proceedings of the 9th IEEE Communications Society Conference on Sensor, Mesh and Ad Hoc Communications and Networks (SECON)*, Seoul, Korea, 18–21 June 2012.

39. Автоматизована система енергомоніторингу. Режим доступу: <https://asem.com.ua/>

40. Ehrhardt-Martinez, K.; Donnelly, K.A.; Laitne, J. *Advanced Metering Initiatives and Residential Feedback Programs: A Meta-Review for Household Electricity-Saving Opportunities*; American Council for an Energy-Efficient Economy: Washington, DC, USA, 2017.

41. Güngör, V.C.; Sahin, D.; Kocak, T.; Ergüt, S.; Buccella, C.; Cecati, C. Smart grid technologies: Communication technologies and standards. *IEEE Trans. Ind. Inform.* 2011, 7, 529–539.

42. Parikh, P.P.; Kanabar, M.G.; Sidhu, T.S. Opportunities and challenges of wireless communication technologies for smart grid applications. In *Proceedings of the IEEE Proceedings on Power and Energy Society General Meeting*, Minneapolis, MN, USA, 25–29 July 2018.

43. Al-Qutayri, M.; Jeedella, S. *Integrated Wireless Technologies for Smart Homes Applications*. In *Smart Home Systems*; INTECH Open Access Publisher: Rijeka, Croatia, 2019; pp. 17–42.

44. LaMarche, J.; Cheney, K.; Roth, K.; Sachs, O.; Pritoni, M. *Home Energy Management: Products & Trends*. In *Proceedings of 17th Biennial ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*, Pacific Grove, CA, USA, 12–17 August 2012.

45. GreenTech Media. *Smart Grid HAN Strategy Report 2011: Technologies, Market Forecast, and Leading Players*. GreenTech Media, 2011. Available online: <http://www.greentechmedia.com/research/report/smart-grid-han-strategy-2011>. (accessed on 7 October 2014).

46. Robles, J.; Kim, T. Application, systems and methods in smart home technolog: A review. *Int. J. Adv. Sci. Technol.* 2018, 15, 37–48.

47. Carlucci, S.; Causone, F.; De Rosa, F.; Pagliano, L. A review of indices for assessing visual comfort with a view to their use in optimization processes to support building integrated design. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2019, 47, 1016–1033.

48. Raspberry Pi [Електронний ресурс]: Вікіпедія. Вільна енциклопедія. – Режим доступу: https://ru.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi (дата звернення: 14.11.2020).

49. Bacher P, Madsen H, Nielsen HA. Online short-term solar power forecasting. *Sol Energy* 20016;83:1772–83

50. Luo Q, Ariyur KB, Mathur A. Real time energy management: cutting the carbon footprint and energy costs via hedging, local sources and active control. In: *Proceedings of the 2009 ASME Dynamic Systems and Control Conference, DSCC 2009. PART A*. Hollywood, CA, United states: American Society of Mechanical Engineers; 2010. p. 157–64.

51. Chen T-Y, Athienitis AK. Ambient temperature and solar radiation prediction for predictive control of HVAC systems and a methodology for optimal building heating dynamic operation. *ASHRAE Trans* 2001;102:26–35.

52. Oldewurtel F, Parisio A, Jones CN, Gyalistras D, Gwerder M, Stauch V, et al. Use of model predictive control and weather forecasts for energy efficient building climate control. *Energy Build* 2012;45:15–27.

53. Aswani A, Master N, Taneja J, Krioukov A, Culler D, Tomlin C. Energy-efficient building HVAC control using hybrid system LBMPC. PART 1; 2012. p. 496–501.

54. Krarti M, Henze GP, Bell D. Planning horizon for a predictive optimal controller for thermal energy storage systems. In: *Proceedings of the ASHRAE Annual Meeting*. Seattle, WA, USA: ASHRAE; 1999. PART 2.

55. Cooperman A, Dieckmann J, Brodrick J. Using weather data for predictive control. *ASHRAE J* 2018;52:130–2.

56. Cigler J, Privara S. Subspace identification and model predictive control

for buildings. In: Proceedings of the 2010 11th International Conference on Control Automation Robotics & Vision (ICARCV 2010). Piscataway, NJ, USA: IEEE; 2010. p. 750–5.

57. Zavala VM, Constantinescu EM, Anitescu M. Economic impacts of advanced weather forecasting on energy system operations. In: Proceedings of the innovative smart grid technologies conference, SGT 2010. Gaithersburg, MD, United states: IEEE Computer Society; IEEE PES – Power and Energy Society; 2010.

58. Collazos A, Marechal F, Gahler C. Predictive optimal management method for the control of polygeneration systems. *Comput Chem Eng* 2009;33:1584–92.

59. Ruano AE, Crispim EM, Conceicao EZE, Lucio MMJR. Prediction of building's temperature using neural networks models. *Energy Build* 2006;38:682–94.

60. Dong B, Lam KP, Neuman CP. Integrated building control based on occupant behavior pattern detection and local weather forecasting. In: Proceedings of the 12th conference of international building performance simulation association building simulation 2011, BS 2011, Sydney, NSW, Australia: International Building Performance Simulation Association; 2011. p. 193–200.

61. Zavala VM. Real-time optimization strategies for building systems. *Ind Eng Chem Res* 2013;52:3137–50.

62. Morgan S, Moncef K. Field testing of optimal controls of passive and active thermal storage. In: Proceedings of the 2010 ASHRAE winter conference. Orlando, FL, United states: Amer. Soc. Heating, Ref. Air-Conditioning Eng. Inc.; 2010. p. 134–46.

63. Lee K-H, Braun JE. Reducing peak cooling loads through model-based control of zone temperature setpoints. In: Proceedings of the 2007 American Control Conference, ACC. New York, NY, United states: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.; 2007. p. 5070–5.

64. Wang F, Pichatwatana K, Roaf S, Zhao L, Zhu Z, Li J. Developing a weather responsive internal shading system for atrium spaces of a commercial building in tropical climates. *Build Environ* 2014;71:259–74.